



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel afirmado, tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La Libertad.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Luis Ernesto Huaraz Sánchez (ORCID: 0000-0001-7842-1858)

Abel Lucio Sánchez Rodríguez (ORCID: 0000-0002-3431-3852)

ASESORES:

Mg. Luis Alberto Horna Araujo (ORCID: 0000-0002-3674-3852)

Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Abel Lucio Sánchez Rodríguez

A Dios por ser Mi Señor, que habita dentro de mí y de todo lo que existe en este mundo que me rodea, dando vida, energía y fortaleza para lograr mis objetivos trazados.

A mis queridos padres, Segundo Huaraz y Carmen Sánchez por la enseñanza de superación y el deseo ferviente del éxito en la vida, y por sus sabios consejos y apoyo abnegado y a mis hermanos quienes estuvieron siempre pendiente con su apoyo moral, a ellos les debo todo mi esfuerzo y dedicación por haberme dado la valentía, apoyo y energía necesaria para seguir adelante en cada etapa de mi vida.

Luis Ernesto Huaraz Sánchez

A Dios por ser tan bueno conmigo y que habita dentro de mí y de todo lo que existe en el universo, dando vida, energía y fortaleza para lograr mis metas trazadas.

A mis queridos padres, Lucio Sánchez y Gloria Rodríguez por la enseñanza de superación y el deseo ferviente del éxito en la vida, y por sus buenos consejos y apoyo incondicional y a mis hermanos quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, a ellos les debo todo mi esfuerzo y dedicación por haberme dado la valentía, apoyo y energía necesaria para seguir adelante en cada etapa de mi vida.

Esto es posible gracias a ustedes, que quienes con su esfuerzo y sacrificio hicieron realidad este anhelo profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi especial agradecimiento a mi asesor Ing. Luis Alberto Horna Araujo, quien me brindó la oportunidad de alcanzar este objetivo, a través de sus amplios conocimientos y experiencia en el campo de Diseño de Carreteras.

De igual manera a todos los ingenieros y profesionales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, que me enriquecieron con sus conocimientos y experiencias impartidos en las aulas, que fueron fundamentales para el desarrollo personal y profesional.

Y a todas las personas que de una u otra manera supieron brindarnos su apoyo y colaboración en el desarrollo de la presente tesis.

Al jurado calificador, por su apoyo con su valiosa asesoría para culminar satisfactoriamente este proyecto.

PÁGINA DEL JURADO

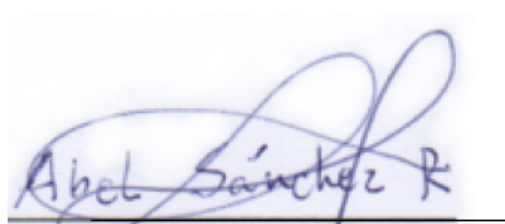
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Luis Ernesto Huaraz Sánchez y Abel Lucio Sánchez Rodríguez, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N° 70931179 y 73018468; con el propósito de cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada César Vallejo, declaramos nuestra autoría de la presente investigación, además, que los datos, documentación e información dada es verídica y autentica.

Por tal motivo, cualquier tipo de falsedad, ocultamiento u omisión de la presente investigación queda bajo nuestra responsabilidad y estaremos dispuestos a lo que establece las normas académicas vigentes de la Universidad Privada César Vallejo.



Luis Ernesto Huaraz Sánchez
DNI: 70931179



Abel Lucio Sánchez Rodríguez
DNI: 73018468

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presento antes ustedes la tesis titulada: **“DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS – SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD”** con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Agradezco por los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo del presente estudio y de esta manera realizar una investigación más eficiente. El trabajo mencionado determina la importancia y la influencia que tiene un proyecto Vial de Ingeniería dentro de los centros poblados del distrito de Usquil, por lo que constatamos que una vía es indispensable para el desarrollo de la población.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DE JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	7
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	7
2.1.1. Tipo de investigación.....	7
2.1.2. Diseño de investigación.....	7
2.2. Matriz de operacionalización de variable.....	8
2.3. Población, muestra y muestreo.....	9
2.3.1. Población.....	9
2.3.2. Muestra.....	9
2.3.3. Muestreo.....	9
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	9
2.4.1. Técnicas.....	9
2.4.2. Instrumento.....	9
2.5. Método de análisis de datos.....	9
2.6. Aspecto ético.....	9
III. RESULTADOS.....	10
3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	10
3.1.1. Generalidades.....	10
3.1.2. Ubicación.....	10
3.1.3. Reconocimiento de la zona.....	11
3.1.4. Metodología de trabajo.....	12
3.1.5. Procedimiento.....	12
3.1.6. Trabajo de gabinete.....	14
3.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CANTERA.....	14
3.2.1. Estudio de suelos.....	14
3.2.2. Estudio de cantera.....	19

3.3.	ESTUDIO HIDROLÓGICO Y OBRAS DE ARTE.....	20
3.3.1.	Hidrología.....	20
3.3.2.	Información hidrometeorológica y cartográfica	22
3.3.3.	Hidráulica y drenaje.....	56
3.4.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA	74
3.4.1.	Generalidades	74
3.4.2.	Normatividad	74
3.4.3.	Clasificación de las carreteras	74
3.4.4.	Estudio de tráfico.....	75
3.4.5.	Parámetros básicos para el diseño en zona rural	91
3.4.6.	Diseño geométrico en planta	95
3.4.7.	Diseño geométrico en perfil	101
3.4.8.	Diseño geométrico de la sección transversal	103
3.4.9.	Resumen y consideraciones de diseño en zona rural.....	108
3.4.10.	Diseño de Pavimento	109
3.4.11.	Señalización.....	117
IV.	DISCUSIÓN.....	129
V.	CONCLUSIÓN	131
VI.	RECOMENDACIONES	132
VII.	REFERENCIAS	133
	ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE	8
TABLA 2. CODIGOS UTILIZADOS	13
TABLA 3. RESULTADO DEL LABORATORIO.....	16
TABLA 4. UBICACIÓN DE CANTERA	19
TABLA 5. CARACTERISTICAS MATERIAL DE CANTERA	20
TABLA 6. ESTACIÓN METEREOLÓGICA – CALLANCAS	22
TABLA 7. SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (MM.) – ESTACIÓN CONVENCIONAL.....	23
TABLA 8. PERIODO 1 DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HR. – ESTACIÓN CALLANCAS	25
TABLA 9. PERIODO 2 DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HR. – ESTACIÓN CALLANCAS.	26
TABLA 10. DATOS PARA EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SALTOS - ESTACIÓN CALLANCAS	28
TABLA 11. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS SUPONIENDO VARIANZAS IGUALES	28
TABLA 12. PRUEBA F PARA VARIANZAS DE DOS MUESTRAS	28
TABLA 13. RESULTADOS PRUEBA T STUDENT	29
TABLA 14. RESULTADOS PRUEBA T FISHER.....	29
TABLA 15. PERIODO DUDOSO CORREGIDO	30
TABLA 16. DATOS PARA EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TENDENCIA - ESTACIÓN CALLANCAS	31
TABLA 17. PARÁMETROS DETERMINADOS ANÁLISIS DE TENDENCIA – E. CALLANCAS	31
TABLA 18. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA	32
TABLA 19. RESULTADOS DE LA LONGITUD MÍNIMA DE REGISTRO - ESTACIÓN CALLANCAS	32
TABLA 20. VALORES DE KN PARA PRUEBA DE DATOS DUDOSOS	34
TABLA 21. VALORES PARA EL CÁLCULO DE OUTLIERS – ESTACIÓN CALLANCAS	34
TABLA 22. UMBRALES PARA LA SERIE DE DATOS - ESTACIÓN CALLANCAS	35
TABLA 23. OUTLIERS EN SERIES HISTÓRICAS DE P _{MAX24HR}	35
TABLA 24. VALORES CRÍTICOS “D” PARA LA PRUEBA KOLMOGOROV – SMIRNOV.....	40
TABLA 25. RESULTADOS DE MEJOR AJUSTE Y PRUEBA DE BONDAD.....	41
TABLA 26. PRECIPITACIÓN PROYECTADA	43
TABLA 27. VALORES DE PERIODOS DE RETORNO T(AÑOS)	44
TABLA 28. VALORES MÁXIMOS RECOMENDADOS DE RIEGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE	44
TABLA 29. PERIODO DE RETORNO PARA R = 0.25 Y N =15 AÑOS.....	45

TABLA 30. PERIODO DE RETORNO PARA $R = 0.50$ Y $N = 15$ AÑOS.....	45
TABLA 31. PERIODO DE RETORNO PARA $R = 0.35$ Y $N = 15$ AÑOS.....	45
TABLA 32. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICRO CUENCAS	46
TABLA 33. PRECIPITACIÓN (MM) PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO	49
TABLA 34. INTENSIDADES MÁXIMAS (MM/HR) PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO.....	49
TABLA 35. DATOS PARA APLICACIÓN DE REGRESIÓN MÚLTIPLE	49
TABLA 36. VARIABLES GENERALES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA.....	50
TABLA 37. INTENSIDADES MÁXIMAS PARA TORMENTA DE 120 MIN.....	51
TABLA 38. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICRO CUENCAS	52
TABLA 39. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MORFOLÓGICAS DE LA ESTACIÓN	56
TABLA 40. INCLINACIONES MÁXIMAS DEL TALUD (V:H) INTERIOR DE LA CUNETTA.....	58
TABLA 41. DIMENSIONES MÍNIMAS	59
TABLA 42. VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "N" DE MANNING	59
TABLA 43. VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "N" DE MANNING	62
TABLA 44. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS PRINCIPALES MICRO CUENCAS	64
TABLA 45. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICRO CUENCAS	64
TABLA 46. CAUDAL DE DISEÑO DE CUNETTA.....	65
TABLA 47. VERIFICACIÓN DE DISEÑO PARA CUNETAS	67
TABLA 48. VALORES PARA LA CUNETTA	68
TABLA 49. RESULTADOS DE DISEÑO PARA ALCANTARILLAS DE ALIVIO .	69
TABLA 50. RESULTADOS DE DIÁMETRO PARA ALCANTARILLAS DE ALIVIO	70
TABLA 51. RESULTADOS PARA DISEÑO DE OBRAS DE ARTE	72
TABLA 52. RESULTADOS PARA DISEÑO DE ALCANTARILLA DE PASO	72
TABLA 53. EST.CONTEO DE VEHÍCULOS.....	75
TABLA 54. F.C. VEHÍCULOS PROMEDIO 2010-2016	79
TABLA 55. ENTRADA / ESB-01	80
TABLA 56. SALIDA / ESB-01	81
TABLA 57. RESUMEN SEMANAL (TOTAL) / CV-01.....	82
TABLA 58. INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL - IMDS.....	84
TABLA 59. TIPO DE VEHÍCULO VS DÍA – TOTAL SEMANAL	84
TABLA 60. INDICE MEDIO DIARIO ANUAL - IMDA	84
TABLA 61. ANÁLISIS DE DEMANDA	85
TABLA 62. PROYECCIÓN DE TRÁFICO.....	88
TABLA 63. CALCULO DE EJES EQUIVALENTES.....	89

TABLA 64. NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES 8.2 TN....	90
TABLA 65. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS	91
TABLA 66. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR SENTIDO Y TIPO DE VEHÍCULO, SEGÚN TRAMO EN VALORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS	91
TABLA 67. RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS PARA DISEÑO DE CARRETERAS	93
TABLA 68. ANCHOS MÍNIMOS DE CALZADA EN TANGENTE	93
TABLA 69. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA CON PENDIENTE (METROS)..	94
TABLA 70. MÍNIMA DO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES DOS SENTIDOS	95
TABLA 71. DEFLEXIONES MÁXIMAS EN CURVAS HORIZONTALES	96
TABLA 72. LONGITUDES DE TRAMOS EN TANGENTES	96
TABLA 73. ELEMENTOS DE CURVA – NOMNECLATURA	97
TABLA 74. RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÀXIMOS	98
TABLA 75. VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN TRANSVERSAL POR UND. DE TIEMPO	99
TABLA 76. LONGITUD MÍNIMA DE CURVA DE TRANSICIÓN.....	100
TABLA 77. RADIOS QUE PERMITEN PRESCINDIR DE LA CURVA DE TRANSICIÓN EN CARRETERAS DE TERCERA CLASE	100
TABLA 78. RADIOS EXTERIOR MÍNIMO CORRESPONDIENTE A UN RADIO INTERIOR Y ADOPTADO.....	101
TABLA 79. PENDIENTES MAXIMAS	102
TABLA 80. ANCHO MÍNIMO DE CALZADA EN TANGENTE	103
TABLA 81. ANCHO DE BERMAS	104
TABLA 82. INCLINACIÓN DE BERMAS.....	105
TABLA 83. VALORES DEL BOMBEO DE LA CALZADA.....	105
TABLA 84. VALORES DEL BOMBEO DE LA CALZADA.....	106
TABLA 85. VALORES REFERENCIALES PARA TALUDES EN CORTE	107
TABLA 86. TALUDES REFERENCIALES PARA TALUDES EN RELLENO	107
TABLA 87. RESUMEN DE DISEÑO GEOMÉTRICO	108
TABLA 88. RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA ELECCIÓN DE CBR DISEÑO	110
TABLA 89. RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA ELECCIÓN DE CBR DISEÑO (AFIRMADO)	110
TABLA 90. CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	110
TABLA 91. RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA AFIRMADOS, PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRÍGIDOS	112
TABLA 92. FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y CARRIL PARA DETERMINAR EL TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO	112
TABLA 93. TIPO DE TRÁFICO Y RANGOS SEGÚN EE	113
TABLA 94. NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES 8.2 TN..	114
TABLA 95. ESPESORES DE AFIRMADOS PARA CADA TRAMO.....	116

TABLA 96. UBICACIÓN DE SEÑALES REGULADORAS	123
TABLA 97. UBICACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS	124
TABLA 98. UBICACIÓN DE SEÑALES INFORMATIVAS	127

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HR. - ESTACIÓN CALLANCAS	25
FIGURA 2. ANÁLISIS GRÁFICO - ESTACIÓN CALLANCAS	27
FIGURA 3. HISTOGRAMA DE P _{MAX} 24HR CORREGIDA DE SALTOS	31
FIGURA 4. CURVAS INTENSIDAD	51
FIGURA 5. CURVAS I-D-F	53
FIGURA 6. CURVAS H	53
FIGURA 7. DISEÑO DE CUNETA	68
FIGURA 8. DISEÑO DE ALCANTARILLA DE ALIVIO (37 UNIDADES)	71
FIGURA 9. DISEÑO DE ALCANTARILLA DE PASO (40")	73
FIGURA 10. DISEÑO DE ALCANTARILLA DE PASO (60")	73
FIGURA 11. UBICACIÓN DE ESTACIÓN ESB-01	76
FIGURA 12. UBICACIÓN DE ESTACIÓN ESB-01	76
FIGURA 13. UBICACIÓN DE ESTACIÓN ESB-01	76
FIGURA 14. CONTEO VS TIPO DE VEHÍCULO / SEMANAL	83
FIGURA 15. IMDA VS T. VEHÍCULO	85
FIGURA 16. V. PESADO	86
FIGURA 17. V. LIGERO	86
FIGURA 18. VELOCIDAD DE DISEÑO	92
FIGURA 19. ELEMENTO DE CURVA	97
FIGURA 20. ELEMENTOS DE CURVA EN TRANSICIÓN – CURVA CIRCULA	100
FIGURA 21. INTERRELACIONES APROXIMADAS ENTRE CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y VALORES SOPORTE	111
FIGURA 22. DETALLE DE SECCIÓN	117
FIGURA 23. DISEÑO DE AFIRMADO SECTOR “A”	117
FIGURA 24. SEÑALES REGULADORAS	119
FIGURA 25. ÁNGULO DE COLOCACIÓN	121
FIGURA 26. SEÑALES REGULADORAS	122
FIGURA 27. SEÑALES REGULADORAS	124
FIGURA 28. SEÑALES INFORMATIVAS (PUEBLOS)	127
FIGURA 29. SEÑALES INFORMATIVAS	128

RESUMEN

El estudio de la presente tesis que lleva como título “DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS – SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD”. El trabajo inicio con la visita al lugar en estudio para la recolección de datos necesarios sobre su topografía, características locales socio – económicos entre otros aspectos que se ampliaran en el desarrollo de la tesis. Obtenido la información de campo, se realizó los trabajos de gabinete, donde se realizó verificaron de datos y se concluyó que se necesita diseñar una carretera de tercera clase. Luego de definirse la clasificación de la carretera, se procedió al diseño geométrico con la data del levantamiento topográfico con software de diseño de carreteras, obteniéndose una longitud de 10+372 kilómetros que cumpla con los parámetros necesarios siguiendo el “Manual de Diseño Geométrico para carreteras DG – 2018”. Y del mismo modo incluyendo una adecuada señalización para la vía. En el perfil longitudinal se trazó la sub-rasante, para el estudio se suelos para el cual se hicieron 10 calicatas, realizándose los ensayos en laboratorio, dando como resultados las siguientes categorías SM, CL, GC, SC y SC-SM. Se procedió a diseñar a nivel de afirmado, para lo cual se utilizaron los datos del estudio de tráfico y los CBR de que se obtuvieron. El diseño del proyecto se consideró un ancho de calzada mínimo de 6m, ancho de berma de 0.50m, un bombeo de 2.5%, peralte de 12%, pendientes longitudinales se encuentra entre 6% a 10.66%, radios mínimos de 25m, curvas de volteo con radios interiores mínimos de 15m, velocidad directriz 30km/h. como obras de arte se consideró cunetas de sección triangular de 0.90m x 0.30m.

Palabras clave: Carretera, topografía, terreno, diseño geométrico.

ABSTRACT

It is clear from the present case that the words "DESIGN OF THE IMPROVEMENT OF THE HIGHWAY AT THE AFFIRMED LEVEL, SAN LUIS - SANTA CECILIA SECTION, USQUIL DISTRICT, OTUZCO, LA LIBERTAD". The work began with the visit to the place under study for the collection of necessary data on its topography, socio-economic local characteristics among other aspects that will be expanded in the development of the thesis. After the field information was obtained, the cabinet work was performed, where data was verified and it was concluded that a third-class road needed to be designed. After the classification of the road was defined, the geometric design was carried out with the data of the topographic survey with road design software, obtaining a length of 10+372 kilometers that meets the necessary parameters following the "Geometric Design Manual for DG Roads – 2018". And in the same way including proper signage for the track. In the longitudinal profile the sub-grade was plotted, for the study soils for which 10 calicatas were made, performing the tests in the laboratory, giving results the following categories SM, CL, GC, SC and SC-SM. It was designed at the affirmed level, for which the data from the traffic study and the CBRs that were obtained were used. The design considered a minimum roadway width of 6m, berm width of 0.50m, a pumping of 2.5%, the cant of 12%, longitudinal slopes is between 6% to 10.66%, minimum radii of 25m, turning curves with radii minimum indoor 15m, guide speed 30km / h. as works of art, ditches of a triangular section of 0.90m x 0.30m were considered.

Keywords: Road, topography, terrain, geometric design.

I. INTRODUCCIÓN

En el 2019, los pueblos de San Luis, Miguel Grau, Simón Bolívar y Santa Cecilia se encuentran conectados por una carretera del tipo trocha carrozable, construida hace más de 30 años, la cual forma parte de la Red Vial Rural La Libertad.

La finalidad del presente proyecto es realizar el diseño correspondiente para la carretera en estudio, con una sección transversal hasta nivel afirmado, que sirva de conexión a los pueblos de San Luis – Santa Cecilia, además, que cumpla con los parámetros requeridos en las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La actual carretera presenta una calzada de 3 m, pendientes que varían entre el 1% y 12%, superando los límites de pendientes máximas. Los radios de curvas son muy cerrados, generando la dificultad en los vehículos al transitar por la carretera. Cabe destacar que la carretera no cuenta con un sistema de drenaje de aguas pluviales, lo cual genera la acumulación del agua sobre la carretera, ocasionando huecos en la trocha carrozable. La zona en donde está ubicada la carretera, no presenta inestabilidad en los suelos, por lo tanto, no existe peligro de derrumbe hacia la carretera.

Habiendo expuesto lo anterior, se puede considerar de suma urgencia el mejoramiento de dicha carretera, con el propósito de diseñar una carretera por la cual puedan transitar vehículos de carga y de pasajeros, mejorando la economía en la zona y por supuesto, la accesibilidad.

Como material de apoyo se cuenta con investigaciones pasadas acerca de mejoramientos de carreteras, así como también, las normas de las cuales nos referenciaremos para realizar un diseño cumpliendo con todos los parámetros establecidos para garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios.

En la tesis titulada “Mejoramiento y su impacto ambiental de la carretera Cascas - Lucma – Marmot - Sayapullo – Gran Chimú” de Caldas y Terrones (2014), se realizó mejoramiento de una vía que contaba con una topografía accidentada, eso implica que sus pendientes no cumplían con la máxima establecida en norma. Esta es una característica muy común en la sierra, debido a que se ubican entre montañas, lo cual complica la realización del diseño.

A su vez, Esquivel y Quiñones (2014), en su trabajo de investigación titulado “Estudio para el mejoramiento de la carretera a nivel afirmado entre las localidades de Suruvara y la Cuchilla, distrito de Santiago de Chuco – provincia de Santiago de Chuco – La Libertad” concluyó que luego de la elaboración del estudio de suelos, se pudo observar que los estratos extraídos de las calicatas arrojaban uniformidad, teniendo diferentes tipos de suelo a lo largo de la carretera.

Del mismo modo, en la tesis con título “Diseño del camino a nivel de afirmado; Papelillo – Huaygoral – San Lorenzo – el tambo, distrito de Quiruvilca – provincia de Santiago de Chuco – La Libertad” de Gamboa y Vega (2015), se tuvo un cuidado especial con el medio ambiente, indicando tener el cuidado debido durante la ejecución de la obra, evitando generar daños al ambiente y/o generando incomodidad en las personas que viven a los alrededores.

Según Lázaro y Liñán (2014), en su trabajo de investigación “Diseño para el mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera Angasmarca – Las Manzanas – Colpa Seca, distrito de Angasmarca – provincia de Santiago de Chuco – región La Libertad” sugiere que las actividades de ejecución de obra comiencen cuando empiece la época de estiaje, es decir, cuando no sea época de lluvias, evitando así el desperdicio de los materiales que se utilizarán.

Asimismo, Morales (2014), presenta en su argumento titulado “Diseño del mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera puente piedra – Chorobamba distritos de Huamachuco y Marcabal, provincia de Sánchez Carrión, departamento La Libertad” sugiere tener un control del mantenimiento de la carretera, evitando el deterioro prematuro de la carretera. Además, indica que, es de suma importancia las señales de tránsito en las carreteras, debido a que son ellas, las que informan, previniendo y prohíben a los conductores cuando transiten por la vía.

En la tesis de Robles (2016), titulada “Diseño del mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera caserío La Unión – caserío Huaynas, distrito de Huaso - provincia de Julcan – región La Libertad” indica que no se tuvieron impactos ambientales negativos, más bien, se obtuvieron impactos positivos, los cuales fueron la generación del empleo y una calidad de vida mucho más eficiente en los moradores.

De acuerdo a la tesis de Rojas y Ruiz (2016), “Diseño de la vía de acceso a los caseríos de Santa Rosa Zancobamba, desde la ruta nacional PE – 10B, distrito de Chugay – provincia de Sánchez Carrión – departamento La Libertad” en donde se indica que el principal objetivo del estudio ambiental es diseñar una carretera que vaya en equilibrio con el medio ambiente, generando el menor daño posible y más bien, generando impactos positivos, que ayuden a la economía de la zona.

Villalva (2015), en su proyecto de investigación denominado “Diseño para el mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado Distrito Sarin – Chugay tramo: Maraycito la Arenilla-Sánchez Carrión – La Libertad” nos detalla las partidas a utilizar y requeridas para diseñar la vía con una rasante de afirmado, así como, el costo del flete de materiales, combustible, etc. La carretera se diseñó basándose en los parámetros establecidos por las normas emitidas por el MTC.

El MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) cuenta con normas para realizar un diseño eficiente de una carretera. Una de las normas es la DG-2018, en la cual se establecen los parámetros para el diseño de la carretera como la velocidad con la que se diseñará la carretera, el vehículo de mayor envergadura que transitará por la vía, los radios mínimos de las curvas horizontales, valores de las pendientes mínimas y máximas, etc.

Otra de las normas emitidas por el MTC es el Manual de “Suelos, Geotecnia, Geología y Pavimentos”, en la cual se establecen requisitos para diseñar las capas del pavimento, así como, los espesores mínimos de afirmado según el CBR del terreno.

Por último, el manual de “Hidrología, Hidráulica y Drenaje” el cual se utiliza para obtener el dimensionamiento de las cunetas y alcantarillas según el caudal máximo que se genera en tiempos de máximas avenidas.

Para empezar con el desarrollo del proyecto se tiene que realizar como primer punto el levantamiento topográfico, el cual consiste en representar de manera gráfica el terreno en donde se sitúa la carretera. Es en el estudio topográfico donde se ubican los BM (Bench Mark), los cuales representan a los puntos de referencia que son utilizados para un posible replanteo de la carretera. La referencia de puntos se realiza

mediante el GPS, el cual es un equipo que define de manera exacta las coordenadas de cualquier punto a nivel mundial.

Como segundo paso se deben realizar los estudios de suelos. Para ellos es necesario realizar las calicatas a lo largo de la carretera, lo cual consiste en la realización de huecos en el terreno de aproximadamente 1.50 m de profundidad. De las calicatas se extraen muestras, las cuales son llevadas al laboratorio para que las analicen. En el laboratorio se realiza el estudio de contenido de humedad, el cual consiste en tener el conocimiento de la cantidad de agua natural que posee el terreno, posteriormente se realiza el análisis granulométrico, en el cual se conocen el tamaño de las partículas de la muestra y con eso obtenemos la clasificación de suelos. Un estudio muy importante son los límites de Atterberg, los cuales nos indican el comportamiento de los suelos finos. Por último, a la muestra extraída de las calicatas, se le realiza un estudio denominado CBR, el cual evalúa la capacidad portante del suelo compactado, dato primordial para el diseño de carreteras.

Antes de empezar con el estudio hidrológico se debe tener al menos el trazo de la carretera con el perfil longitudinal, con el fin de ubicar las cuencas que atravesaran la carretera. Con el estudio hidrológico podemos conocer los caudales máximos cuando ocurra tiempos de máximas avenidas. Con esos datos, se pueden diseñar las cunetas, que son conductos de evacuación de laderas de la carretera, que tienen la función de captar las aguas provenientes de las carreteras y las dirigen hacia las alcantarillas, las cuales están ubicadas perpendicularmente al eje de la carretera, y cumplen la función de trasladar el agua de las cunetas de un lado de la carretera al otro. Es aquí donde se establece si en el trazo de la carretera es necesario el diseño de algún puente.

Posteriormente, se realiza el diseño geométrico de la carretera, que consiste de varios cálculos. Como primer punto, se debe tener el volumen vehicular de la carretera y esto se realiza mediante un conteo vehicular a lo largo del día y durante una semana. Luego, se establece la clase de carretera que se está diseñando, la cual se puede clasificar por su demanda y por su orografía. Con ayuda de la norma se puede elegir la velocidad de diseño de la vía, la cual indica la velocidad en la que los conductores deben transitar en la carretera, en donde no se ponga en peligro su vida. Luego de

ello, se obtiene el vehículo de diseño, que representa a la unidad vehicular de mayor envergadura que transitará sobre la vía, por lo tanto, los demás parámetros se diseñaran en base de dicho vehículo. Seguidamente, se deben determinar las pendientes máximas y mínimas de una carretera, además de los radios mínimos en los cuales el vehículo de diseño pueda transitar con total comodidad. El diseño de la sección transversal, la cual es un corte perpendicular al eje, en donde se muestra las características de la carretera tal como el ancho de calzada, lugar por donde transitan los vehicular; ancho de berma, tramo de carretera ubicada a los laterales de la carretera; bombeo, inclinación de la carretera que permite la evacuación de aguas pluviales y sobre todo, los espesores del pavimento, en este caso, para el proyecto solo se considerará a nivel de afirmado, que viene a ser una capa de tierra compactada sin asfalto.

Teniendo el diseño geométrico se puede empezar a realizar el estudio ambiental, el cual consiste en identificar, reconocer, analizar y mitigar los distintos impactos ambientales generados con la ejecución de la obra. Para este estudio se tiene en cuenta un matriz denominada Matriz de Leopold, la cual nos muestra las diversas actividades que se llevarán a cabo durante la realización de la obra y los posibles ámbitos en donde puede causar impactos. Gracias a esa matriz, podemos ubicar las actividades que generaran mayores impactos y tratar en lo posible de mitigar dichos impactos, para tener una carretera donde se identifique el desarrollo sostenible.

Luego se debe realizar el estudio de Costos y presupuestos, en el cual se detallan todas las partidas que se suscitaran durante la ejecución de la obra, además, se detallan los metrado y precios unitarios a utilizarse. Se utilizó la información de Capeco, la cual nos brinda los rendimientos por actividad y la cantidad de mano de obra a considerar por partida. Por último, las especificaciones técnicas, podemos obtenerlas de las normas de carreteras, en donde se especifica los requisitos a considerar en las distintas actividades constructivas.

Habiendo expuesto los estudios que debemos realizar para el desarrollo del proyecto de investigación, se formula la siguiente interrogante ¿Cuál será el diseño de la carretera en al nivel afirmado del tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La Libertad?

El diseño de la carretera influye considerablemente en el tramo en estudio, debido a que ir de la mano con la economía en la zona, debido que, durante la ejecución de la obra, se generarán puestos de trabajo, así mismo, al culminar la obra, se tendrá una carretera nueva con más accesibilidad, lo que traerá mejoras en el comercio para los pobladores que tengan. Por otro lado, habrá mejora en la calidad de vida en la ciudadanía, debido que tendrán mayor facilidad para llegar a centros de salud.

Como hipótesis podemos decir que es implícita y se evidencia con los resultados técnicos del diseño del mejoramiento de la carretera a nivel afirmado, tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La Libertad; en las cuales cumplen los establecidos en el Manual de Carreteras DG-2018 emitido por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones.)

Como objetivo general del proyecto nos hemos planteado realizar el diseño del mejoramiento de la carretera a nivel afirmado, tramo San Luis – Santa Cecilia, distrito de Usquil, Otuzco, La Libertad. Para lo cual, debemos tener objetivos específicos, como los que son realizar el estudio topográfico del lugar, realizar estudios de mecánica de suelos, se debe realizar el estudio hidrológico y por último realizar el diseño geométrico.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

➤ **Enfoque**

El proyecto es cuantitativo porque habrá datos numéricos.

➤ **Finalidad**

El proyecto tiene como finalidad Aplicada.

➤ **Nivel**

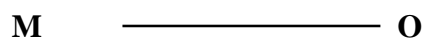
El proyecto tiene un nivel descriptivo, porque se va a describir todos los procedimientos para la realización del dicho proyecto.

➤ **Temporalidad o tiempo**

Trasversal porque recolecta datos de todo el terreno.

2.1.2. Diseño de investigación

El diseño a realizar es de carácter No Experimental – Transversal, descriptivo simple, según el siguiente esquema:



Dónde:

M: Zona de influencia del proyecto

O: Obtención de datos de los estudios

2.2. Matriz de operacionalización de variable

TABLA 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL AFIRMADO.	El diseño geométrico de la carretera forma parte principal de la elaboración de un proyecto en donde se realizará el mejoramiento a una vía, con el objetivo de tener una carretera nueva, que cumpla con los parámetros de las normas vigentes y sobre todo que garantice seguridad y comodidad a los usuarios, además, se busca que tenga impactos positivos en la zona, generando mayores ingresos económicos.	Se realizará el estudio mediante la medición del terreno como la altura, distancia y coordenadas	Levantamiento topográfico	Trazo Longitudinal (m)	Razón
		Se realizará este estudio extrayendo muestras de suelo cada de cada tramo de la carretera y llevándola al laboratorio para su análisis	Estudio de mecánica de suelos	Perfil Longitudinal (m2)	Intervalo
				Alineamiento (Km)	Razón
				Secciones Transversales (m2)	
				Granulometría	Razón
				Contenido de Humedad (%)	
				Límites de Atterberg (%)	
				Densidad Seca Máxima (kg/m3)	
				CBR (%)	
		Es el estudio que permite predecir las precipitaciones de los caudales para el diseño de obras de arte	Estudio Hidrológico de Obras de Arte	Precipitaciones Pluriales (mm)	Razón
				Caudal (m3/s)	
				Área de cuenca (m2)	
		Se realizará este estudio para diseñar una nueva carretera con las normas vigentes	Diseño geométrico	Velocidad de diseño (km/h)	Razón
				Radio mínimo (m)	
				Pendiente (%)	Intervalo
				Peralte (%)	
				Ancho de calzada (m)	Razón
				Ancho de berma (m)	

Fuente: Elaboración Propia.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

La población está representada por la carretera a la que se realizara el mejoramiento, así como, su área de estudio.

2.3.2. Muestra

Por el tipo de investigación, no se considerará muestra debido a que se estudiará todo el tramo de la carretera.

2.3.3. Muestreo

No existe muestreo en este estudio.

2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

Se utilizará como técnica la Observación.

2.4.2. Instrumento

Mira de reconocimiento, con la ayuda de instrumentos de topografía, equipos y herramientas para pruebas de suelos y software.

2.5. Método de análisis de datos

Para el procesamiento de la información recolectada en campo se utilizarán software como: AutoCAD 2018 que sirve dibujos, AutoCAD Civil 3D para hacer el levantamiento topográfico, S10 para hacer metrados de materiales y mano de obra, y el estudio de costos y presupuestos, y se tendrá el apoyo de un docente, el cual será el asesor que nos brindará su sabiduría en el tema para realizar el análisis de los datos.

2.6. Aspecto ético

Los tesisistas se comprometen a brindar resultados con total veracidad, además de realizar los trabajos con ímpetu y dedicación con la finalidad de obtener un proyecto de investigación eficaz y eficiente, en total armonía con el sistema ambiental.

III. RESULTADOS

3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3.1.1. Generalidades

El presente Informe contiene el Estudio Topográfico de la carretera Usquil (San Luis – Santa Cecilia), con una longitud de 10372 mts aproximadamente, clasificada como Ruta Rural, ubicada en la Región La Libertad, Provincia de Otuzco y el Distrito de Usquil. El proyecto se desarrolla entre 3177 y 3454 m.s.n.m. El levantamiento de la carretera se determinó siguiendo el trazo existente, mejorando en algunos sectores su alineamiento, con la finalidad de ejecutar los menores trabajos de corte a media ladera posibles (Movimiento de Tierras), adecuándose a la norma vigente DG. 2018.

3.1.2. Ubicación

El proyecto se encuentra emplazado en el distrito de Usquil, cruzando por los caseríos San Luis, Miguel Grau, Simon Bolivar y Santa Cecilia., ubicado en la parte noreste de la provincia de Otuzco, en el departamento de La Libertad.

Zonas de Estudio:

- Caseríos: San Luis, Miguel Grau, Simon Bolviar y Santa Cecilia
- Distrito: Usquil.
- Provincia: Otuzco.
- Departamento: La Libertad.
- País: Perú.

Primero realizamos el recorrido e inspección del lugar en estudio y reconociendo el terreno que lo conforma, posteriormente ubicamos con criterio los puntos iniciales, finales y de paso requerido, siendo estos últimos los puntos guías para definir el sentido y la dirección de la carretera en estudio.

El trazo más apropiado, en función de: calidad del terreno, ausencia de fallas geológicas, condiciones de drenaje, longitud de la ruta, pendientes más favorables al tráfico, mejor alineamiento, suministro y calidad de materiales de construcción, costos de construcción, productividad, altitud, etc.

Se procedió colocar dos puntos de control en ambos Tramos de la carretera tanto en la parte inicial como final del trabajo, colocados con GPS Navegador. Los que nos permitirán realizar la poligonal y así efectuar un cierre y compensación de la misma.

En el proyecto se consideró 17 BMs a lo largo del eje (0+000-10+372)

El punto de inicio se encuentra ubicado en el centro poblado monchacap a unos 200 metros, se estableció el BM1, con las siguientes coordenadas:

3.1.3. Reconocimiento de la zona

En esta etapa se ha efectuado una inspección ocular detallada y crítica del terreno, determinando la ubicación del alineamiento de la trocha existente.

El objetivo del reconocimiento es seleccionar la ruta más favorable, de tal forma que, mediante los trazos propuestos en gabinete, se determine la ubicación del eje de la trocha, para poder brindar mejor acceso a los terrenos adyacentes y al tráfico que se espera. Una decisión errada puede conducir a la elevación de costo de construcción, mantenimiento y operación.

Se hizo un recorrido a pie en todo el tramo de la carretera de estudio, para realizar la inspección correcta de este:

- Atraviesa por una superficie accidentado por lo que se resolvió contemplar en el diseño una vía con desarrollos, pendientes y peraltes según reglamento vigente, con buen drenaje y apropiada circulación vehicular adecuada y estable.
- Se ha considerado pendientes en el terreno, así como la pendiente longitudinal máxima de 10% de la ruta de manera aproximada, con el fin de obtener los puntos obligatorios de paso.
- **Punto inicial (BM1)**

En la estación se consiguió coordenadas UTM: E 779985 N 9129626 y a una altitud de 3454 m.s.n.m.

- **Punto final (BM17)**

Quedando definida a unos 50 metros de la carretera Otuzco - Usquil, cerca de la progresiva km.10.372 del eje, en este sitio se consiguió las siguientes coordenadas UTM: E 777378 N 9130965 y a una altitud de 3177 m.s.n.m.

3.1.4. Metodología de trabajo

3.1.4.1. Personal

- 02 Tesistas
- 01 Topógrafo
- 03 Personas de apoyo
- 01 Chofer

3.1.4.2. Equipos

- Estación Total marca TOPCON Serie 7505.
- GPS marca GARMIN Etrex 30.
- Trípode de aluminio.
- Prismas para estación total.

3.1.4.3. Materiales

- Cuaderno de apuntes.
- Lapiceros
- Winchas de 50 metros.
- Winchas de 3 metros.
- Puntas de acero.
- Combas de 6 libras

3.1.5. Procedimiento

3.1.5.1. Levantamiento topográfico de la zona

Se planteó para comenzar el trabajo, el uso de equipos de alta precisión para la obtención de la información y complementándose con la Geodesia para fijar la ubicación de los trabajos dentro de las coordenadas UTM y elevación.

Se inició el trabajo colocando dos puntos de control (BM1 y BM2) en ambos tramos los que servirán para calcular el cierre de la poligonal de estudio a lo largo de los 10.372 Km.

Estimando la topografía, como un trabajo de vital importancia en una obra de Ingeniería, en tal sentido se ha contemplado su inicio utilizando los equipos más convenientes para la obtención de la información y apoyado en la Geodesia para precisar la ubicación de las tareas dentro de los controles universales de coordenadas y elevación.

3.1.5.2. Puntos de georreferenciación

El punto de referencia está ubicado al norte de la provincia de Otuzco camino al distrito de Usquil, en el Centro Poblado San Luis teniendo como coordenadas E=777355.000, N=9130711, Z=3157 msnm.

3.1.5.3. Puntos de estación

➤ PUNTO INICIAL

Las coordenadas DATUM WGS84 son:

- ESTE: 779,987.27 E
- NORTE: 9'129,595.05 N

➤ PUNTO FINAL

Las coordenadas DATUM WGS 84 son:

- ESTE: 777,350.76 E
- NORTE: 9'130,967.95 N

3.1.5.4. Códigos utilizados en el levantamiento topográfico

En el Levantamiento topográfico de las diferentes zonas se utilizó algunos códigos estandarizados que representan diferentes puntos y el comportamiento del terreno; se detallan a continuación todos los códigos utilizados:

TABLA 2. CODIGOS UTILIZADOS

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
T	Terreno	Col.	Colegio
L	Lote	Loc.	Local
Carr	Carretera	Cun.	Cunetas
Tal.	Talud	Accs.	Acceso

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.6. Trabajo de gabinete

De la información obtenida del levantamiento topográfico en la memoria de estación Total se descargó los datos de coordenadas UTM WGS84. Dicha información incluye, las coordenadas Este, Norte Cota y descripción de las características de cada punto obtenido en campo.

El manejo de software AutoCAD, Civil 3D nos ayudara a diseñar la trocha en estudio.

3.1.6.1. Procesamiento de la información de campo y dibujo de planos

Se realizó los siguientes procesos de información para poder obtener los planos mediante el uso del software AutoCAD 3D – 2018.

- Inserción de data al software
- Generación de superficie del proyecto
- Generación de curvas de nivel

3.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CANTERA

3.2.1. Estudio de suelos

3.2.1.1. Alcance

El estudio de Mecánica de Suelos para el Proyecto: “DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS – SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD”, son de uso exclusivo para la zona en estudio; por lo tanto, no se aplicará para otros ámbitos y proyectos.

3.2.1.2. Objetivos

Determinar las características físicos-mecánicas de contacto de la superficie en evaluación, así como la realización de canteras próxima a la zona de investigación del Proyecto: “DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS – SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD”.

3.2.1.3. Descripción del proyecto

Caseríos: San Luis - Santa Cecilia

Distrito: Usquil

Provincia: Otuzco

Región: La Libertad

EL presente proyecto trata del mejoramiento de la vía en estudio la cual tiene una longitud aproximada de 10.372 km, la misma que debe estar sujeta de acuerdo a los parámetros que presentan las Normas Peruanas de carreteras establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), y de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018.

Por lo expuesto se realiza un cronograma de actividades de movimientos de tierras para la realización de los trabajos de corte, relleno y explanaciones, debido a su mayor importancia sobre el resto de actividades en el proyecto. También se tomará en cuenta el tratamiento de la superficie de capa de rodadura y el diseño de obras de arte de la carretera para la eficiente deposición de las precipitaciones a lo largo del tramo.

En conclusión, se necesita conocer el tipo de terreno con el que se cuenta in situ, por lo que se realizó una cantidad determinada de exploraciones (calicatas) en relación a lo largo del segmento (10.372 km), obteniendo muestras para su posterior realización de los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos INGEOMA, INGENIERÍA GEOTECNICA Y MATERIALES SAC.

3.2.1.4. Resultado del Laboratorio

TABLA 3. RESULTADO DEL LABORATORIO

RESUMEN DEL ESTUDIO DE SUELO												
N°	DESCRIPCIÓN DEL	UNIDAD	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10
1	Granulometria	%										
1.1	N° 3/8"	%	86.63	94.43	74.96	95.70	81.29	96.19	95.96	83.17	95.64	95.75
1.2	N° 1/4"	%	67.76	92.86	61.93	93.44	74.68	93.92	93.68	76.99	93.38	93.59
1.3	N° 4	%	63.66	91.74	57.00	91.47	68.99	91.15	90.91	71.78	91.41	91.68
1.4	N° 10	%	49.63	87.29	43.00	81.35	43.95	72.67	72.95	48.63	81.58	82.38
1.5	N° 40	%	29.61	75.43	27.13	57.49	20.15	42.49	43.87	26.65	58.51	60.55
1.6	N° 60	%	24.41	70.95	21.87	49.99	16.15	35.88	37.48	22.92	51.15	53.63
1.7	N° 200	%	18.31	65.34	15.49	43.28	12.28	29.19	30.72	19.19	44.44	47.24
2	Contenido de Humedad	%	5.92	12.27	3.49	11.62	7.18	9.42	8.64	7.88	10.89	10.71
3	Limite Liquido	%	19.00	32.00	27.00	30.00	19.00	24.00	23.00	21.00	28.00	28.00
4	Limite Plástico	%	15.62	21.38	14.39	19.33	15.62	16.45	16.76	16.33	18.51	18.60
5	Índice de Plástico	%	3.38	10.62	12.61	10.67	3.38	7.55	6.24	4.67	9.49	9.40
6	Clasificación SUCS		SM	CL	GC	SC	SM	SC	SC-SM	SC-SM	SC	SC
7	Clasificación AASHTO		A-1-b (0)	A-6 (5)	A-2-6 (0)	A-6 (1)	A-1-a (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-1-b (0)	A-4 (1)	A-4 (2)
8	CBR	%										
8.1	Máx. Densidad Seca	g/cm ³	-	-	2.033	-	-	1.805	-	-	1.780	-
8.2	Óptimo. Cont. Humedad	%	-	-	7.600	-	-	15.500	-	-	11.800	-
8.3	CBR al 100% de M.D.S.	%	-	-	21.080	-	-	8.080	-	-	7.420	-
8.4	CBR al 95% de M.D.S.	%	-	-	9.850	-	-	3.650	-	-	3.430	-
9	Nivel Freático	mts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

En base a la información obtenida de las muestras tanto en los trabajos de campo como en los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos con los métodos AASHTO Y SUCS, con la finalidad de análisis y correlación de acuerdo a sus características litológicas, también se determina en el perfil estratigráfico; la descripción de las calicatas se realiza a continuación:

✓ **Calicata “C - 1”**

Está ubicada en el Km 01+000 de la carretera en la parte izquierda a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SM es considerado como Arena con Aglomerante Limoso; según AASHTO se determinó un suelo A-1-b (0) que se describe como Grava, Arena gruesa. La muestra tuvo un contenido de humedad de 5.92%.

✓ **Calicata “C – 2”**

Está ubicada en el Km 02+000 de la carretera en la parte derecha a 2.00 metros del eje de la vía y se determinó un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo CL es considerado como Arcilla; según AASHTO se determinó un suelo A-6 (5) que se describe como Arcilla plástica. La muestra tuvo un contenido de humedad de 12.27%.

✓ **Calicata “C – 3”**

Está ubicada en el Km 03+000 de la carretera en la parte izquierda a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo GC es considerado como Grava Arcillosa; según AASHTO se determinó un suelo A-2-6 (0) que se describe como Grava Arcillosa. La muestra tuvo un contenido de humedad de 03.49%.

✓ **Calicata “C – 4”**

Está ubicada en el Km 4+000 de la carretera en la parte derecha a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SC es considerado como Arena Arcillosas; según AASHTO se determinó un suelo A-6 (1) que se describe Arcilla Plástica. La muestra tuvo un contenido de humedad de 11.62%.

✓ **Calicata “C – 5”**

Está ubicada en el Km 5+000 de la carretera en la parte izquierda a 2.00

metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SM es considerado como Arena Limosa; según AASHTO se determinó un suelo A-1-a (0) que se describe como Grava y Arena Gruesa entre excelente a bueno. La muestra tuvo un contenido de humedad de 07.18%.

✓ **Calicata “C – 6”**

Está ubicada en el Km 6+000 de la carretera en la parte derecha a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SC es considerado como Arena Arcillosas; según AASHTO se determinó un suelo A-2-4 (0) que se describe como Grava y arena limosa. La muestra tuvo un contenido de humedad de 09.42%.

✓ **Calicata “C – 7”**

Está ubicada en el Km 7+000 de la carretera en la parte izquierda a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SC-SM es considerado como Arena Arcillosa y Limosa; según AASHTO se determinó un suelo A-2-4 (0) que se describe como Grava y arena limosa. La muestra tuvo un contenido de humedad de 08.64%.

✓ **Calicata “C – 8”**

Está ubicada en el Km 8+000 de la carretera en la parte derecha a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SC-SM es considerado como Arena Arcillosa y Limosa; según AASHTO se determinó un suelo A-1-b (0) que se describe como Grava y Arena Gruesa. La muestra tuvo un contenido de humedad de 07.88%.

✓ **Calicata “C’ – 9”**

Está ubicada en el Km 9+000 de la carretera en la parte derecha a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SC es considerado como Arena Arcillosas; según AASHTO se determinó un suelo A-4 (1) que se describe como Mezcla de Limo/Arena/Arcilla. La muestra tuvo un contenido de humedad de 10.89%.

✓ **Calicata “C’ – 10”**

Está ubicada en el Km 10+000 de la carretera en la parte derecha a 2.00 metros del eje de vía y se determinó solo un estrato; según la clasificación SUCS se tuvo un suelo SC es considerado como Arena Arcillosas; según AASHTO se determinó un suelo A-4 (2) que se describe como Mezcla de Limo/Arena/Arcilla. La muestra tuvo un contenido de humedad de 09.42%.

3.2.2. Estudio de cantera

La cantera escogida presente una adecuada carretera para acceso de maquinarias y herramientas necesarias para la extracción del material y solo es necesario una trituración y zarandeo.

3.2.2.1. Identificación de cantera

Durante el estudio de campo y análisis de la zona en estudio se identificó a la cantera Monchacap, a la cual se desarrolló un estudio del material para ser empleado como material de afirmado; se encuentra ubicada la presente cantera a una distancia aproximada de 700 m del eje de carretera.

Una vez ubicado en la cantera escogida se realiza el muestreo para su posterior análisis físico-mecánico del material en laboratorio, también se realizó la georeferenciación de la cantera en estudio mediante GPS las coordenadas UTM, detallándose a continuación:

TABLA 4. UBICACIÓN DE CANTERA

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM – ZONA 18 M	
	ESTE (X)	NORTE (Y)
CANTERA	769902	9130420

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2.2. Evaluación de las características de la cantera

De acuerdo a los análisis de laboratorio el material según reporte es una Graba con aglomerante arcillo-limoso con contenido de arenas, con un 12.06% de finos que pasa la malla N 200. Clasificación de acuerdo a SUCS Y AASHTO como suelo tipo GC-GM y A-1-a-0. Las características se detallan en el siguiente cuadro.

TABLA 5. CARACTERISTICAS MATERIAL DE CANTERA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	DATOS
1	Muestra	Und.	M1
2	Profundidad	m	0.00-1.50
3	Granulometría		
3.01	Pasa Malla N°04	%	42.81
3.02	Pasa Malla N°200	%	14.97
4	Índice de Plasticidad	%	4.2
5	Clasificación “SUCS”	-	GC-GM
6	Clasificación “AASHTO”	-	A-1-a (0)
7	Contenido de Humedad	%	3.43%
8	CBR		
8.01	Máxima Densidad Seca	Gr/cm3	1.972
8.02	Óptimo Contenido de Humedad	%	4.55
8.03	CBR al 100%	%	82.01
8.04	CBR al 95%	%	38.38

Fuente: Elaboración Propia

El resultado del CBR de cantera al 95%, nos da la garantía que se cuenta con un buen material para el desarrollo del afirmado del tramo en estudio.

Para la metodología de explotación de la cantera en estudio se considerada: tractor sobre oruga, cargador frontal y volquetes.

3.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y OBRAS DE ARTE

3.3.1. Hidrología

3.3.1.1. Generalidades

El presente trabajo se alineó a la determinación de los caudales de diseño de las obras de arte a proyectar, ante la incidencia de periodos de lluvias extremas que discurren por las quebradas y/o pequeñas cárcavas, cuyos cauces atraviesan el eje de la vía a intervenir. Asimismo, se orientó al diseño hidráulico de las obras de drenaje necesarias determinadas sobre la base de las condiciones topográficas del terreno y del estudio hidrológico para garantizar la estabilidad de la carretera.

Los trabajos efectuados en el área del proyecto comprendieron entre otros, la evaluación del comportamiento hidrológico e hidráulico de los cursos hídricos que interceptan el eje de la vía proyectada; así como, el comportamiento de las estructuras existentes desde el punto de vista hidráulico y de drenaje. De la

misma forma se valoró la necesidad de proyectar nuevas obras de arte en tramos críticos.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones del presente Estudio Hidrológico y obras de arte del proyecto: “DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS – SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD”, serán de uso exclusivo solamente para la presente zona de estudio, por lo cual no se aplicará estos resultados para otros fines y/o sectores.

3.3.1.2. Objetivos del estudio

El presente Capítulo tiene como objetivo proporcionar la información que a continuación se detalla:

- Evaluar las características hidrológicas y geomorfológicas de las sub cuencas y/o quebradas que intercepten la vía proyectada.
- Realizar el análisis estadístico con la información pluviométrica disponible, determinar los caudales de diseño y secciones hidráulicas para las obras de drenaje requeridas.
- Proponer las diversas obras de arte que requieran ser proyectadas de acuerdo a la evaluación de las estructuras existente y de las exigencias de los parámetros hidrológicos e hidrodinámicos del área del proyecto vial, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

3.3.1.3. Estudios hidrológicos

Se revisó información existente referente a estudios elaborados con antelación, que de alguna forma contuvieran información relevante referente a hidrología y drenaje concerniente del área en estudio; en tal sentido, se evidenció que las estaciones pluviométricas se encuentran lejanas a la zona de estudio y contienen series cortas de datos, sin embargo, existen estaciones pluviométricas que encuentran lejanas a la zona de estudio y contienen series cortas de datos siendo la Estación Callancas la más próxima.

3.3.2. Información hidrometeorológica y cartográfica

3.3.2.1. Información pluviométrica

La información pluviométrica utilizada de base para la cuantificación de la escorrentía superficial generada, es la correspondiente a precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas de la estación más cercana y con características climatológicas similares a la zona de estudio; en ese sentido, se consideró la Estación Convencional Callancas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por ser la más cercana, teniendo ésta estación un periodo de registro de JUN.1971 – DIC.2019.

La ubicación y características de la estación disponible en la zona de estudio, se presentan a continuación:

TABLA 6. ESTACIÓN METEREOLÓGICA – CALLANCAS


Estación : Callancas, Tipo Convencional - Meteorológica					
Departamento :	LA LIBERTAD	Provincia :	OTUZCO	Distrito :	CALLANCAS
Latitud :	7°46'2.88''	Longitud :	78°28'38.19''	Altitud :	1501 m.s.n.m

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

3.3.2.2. Precipitaciones máximas en 24 horas

Para el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas proyectadas en el presente estudio, se procedió a efectuar un análisis de la data pluviométrica obtenida de la estación convencional de SENAMHI, extrayéndose para tal caso las máximas precipitaciones diarias; asimismo, se expresa que las precipitaciones en la zona del proyecto son principalmente líquidas; por lo tanto, sólo éstas fueron estimadas en el análisis para la obtención de los caudales máximos de diseño; en ese sentido, se obtuvo lo siguiente.

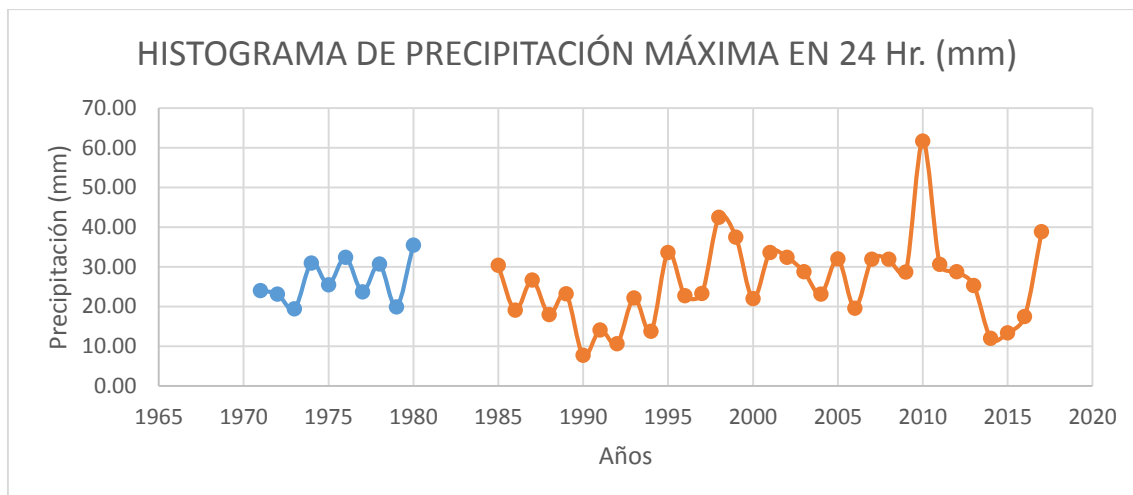
TABLA 7. SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (MM.) – ESTACIÓN CONVENCIONAL

SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (mm)															
ESTACIÓN CONVENCIONAL CALLANCAS - SENAMHI.															
	Estación	:	Callancas		LATITUD	:	7° 46' 2.88"		Departamento	:	La Libertad				
	Tipo	:	Convencional		LONGITUD	:	78° 28' 38.19"		Provincia	:	Otuzco				
	Código	:	153101		ALTITUD	:	1501 msnm		Distrito	:	Charat				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX ANUAL	MIN ANUAL	PROM ANUAL
1971						4.90	0.00	4.50	4.00	7.90	5.10	7.90	0.00	0.00	0.00
1972	21.20	18.30	24.00	6.20	5.50	2.10	0.00	0.00	4.20	3.20	11.10	14.60	24.00	0.00	9.20
1973	20.20	9.40	20.00	23.10	7.30	5.10	1.30	0.00	12.10	9.20	4.90	8.50	23.10	0.00	10.09
1974	15.90	19.40	14.90	10.60	0.00	5.50	0.00	0.00	6.10	9.50	2.10	6.00	19.40	0.00	7.50
1975	13.20	29.00	31.00	15.50	5.90	3.30	1.30	11.00	5.60	14.50	6.10	4.30	31.00	1.30	11.73
1976	22.50	23.40	25.50	8.90	3.90	8.90	0.00	0.00	0.00	6.40	0.00	12.60	25.50	0.00	9.34
1977	32.40	26.60	19.20	12.40	2.70	0.00	1.80	0.00	5.30	14.40	0.40	11.60	32.40	0.00	10.57
1978	23.70	13.70	14.90	9.20	9.70	0.00	0.00	0.00	8.60	1.40	8.40	6.50	23.70	0.00	8.01
1979	8.60	8.60	30.70	6.40	3.20	0.00	3.80	4.30	3.20	1.50	0.00	2.60	30.70	0.00	6.08
1980	5.10	5.80	15.00	19.90	1.20	0.00	0.01	0.00	0.00	9.60	17.40	17.70	19.90	0.00	7.64
1981	19.50	35.50	15.60	7.80	0.00	1.30	0.00	2.10	1.80	8.80	4.70	16.10	35.50	0.00	9.43
1982	10.00	15.50	6.30	12.70	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1985	1.80	30.40	15.20	9.40	0.00	0.00	0.00	3.20	4.20	0.01	0.01	6.10	30.40	0.00	5.86
1986	17.20	17.30	19.10	15.20	3.20	0.00	3.00	3.10	0.01	3.30	6.00	7.50	19.10	0.00	7.91
1987	26.70	16.70	20.00	16.50	3.10	0.30	4.10	4.20	0.60	5.00	8.40	9.50	26.70	0.30	9.59
1988	18.00	12.00	15.50	11.40	4.80	2.50	0.20	0.01	1.00	8.00	4.20	6.40	18.00	0.01	7.00
1989	12.20	23.20	17.20	11.70	1.50	1.30	0.00	3.00	4.50	0.01	1.10	4.20	23.20	0.00	6.66
1990	1.10	0.01	6.40	7.50	2.00	0.00	0.00	0.01	4.20	7.70	5.20	3.20	7.70	0.00	3.11
1991	1.10	10.10	14.10	12.00	2.20	1.10	0.00	0.00	0.01	6.20	11.20	6.40	14.10	0.00	5.37
1992	0.01	4.50	10.60	2.40	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	1.20	10.60	0.00	1.56
1993	0.01	13.40	12.70	13.10	5.30	0.01	0.00	0.01	22.20	15.30	4.20	9.80	22.20	0.00	8.00
1994	7.80	10.00	12.40	4.40	6.80	0.01	3.00	0.00	2.70	0.00	10.40	13.80	13.80	0.00	5.94
1995	9.60	15.00	5.20	33.60	3.20	5.00	2.50	1.70	8.50	11.70	4.30	16.90	33.60	1.70	9.77
1996	8.60	21.60	22.70	6.90	3.20	0.00	0.00	0.00	3.40	8.10	0.00	2.40	22.70	0.00	6.41
1997	5.60	16.10	9.20	10.00	8.60	3.40	0.00	0.00	4.60	21.00	6.60	23.30	23.30	0.00	9.03
1998	22.30	42.50	22.10	21.40	5.30	3.40	0.00	0.00	3.40	11.30	6.20	11.80	42.50	0.00	12.48
1999	14.90	37.50	12.80	16.40	9.10	6.90	2.50	0.00	8.30	4.70	7.80	13.80	37.50	0.00	11.23
2000	13.70	20.80	17.10	14.60	22.00	3.20	0.01	4.30	5.10	7.75	9.00	17.60	22.00	0.01	11.26

2001	15.90	8.80	33.60	14.40	5.50	3.10	0.01	0.00	6.20	17.00	8.30	8.80	33.60	0.00	10.13
2002	5.70	32.40	26.00	23.40	0.90	4.00	0.01	0.00	0.80	7.80	23.70	9.50	32.40	0.00	11.18
2003	13.40	28.80	7.60	9.00	5.10	1.98	1.50	0.20	3.10	4.00	3.20	22.20	28.80	0.20	8.34
2004	4.20	17.50	23.10	5.60	12.40	0.01	1.10	0.01	7.50	18.60	4.30	21.00	23.10	0.01	9.61
2005	8.00	11.20	32.00	4.80	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	7.70	3.90	9.90	32.00	0.00	6.47
2006	15.00	19.30	19.60	12.90	8.30	6.50	3.60	1.00	1.90	1.30	5.80	9.60	19.60	1.00	8.73
2007	28.00	6.30	19.90	15.50	31.90	0.00	0.00	0.10	1.00	9.50	10.50	9.50	31.90	0.00	11.02
2008	25.80	31.90	19.80	16.80	1.60	3.00	0.70	0.70	1.40	11.60	7.80	0.50	31.90	0.50	10.13
2009	28.70	14.20	26.80	16.00	2.20	1.20	0.70	0.01	0.10	11.90	21.70	14.90	28.70	0.01	11.53
2010	10.90	61.70	16.80	11.00	12.10	0.30	3.30	0.00	3.50	4.40	10.60	9.70	61.70	0.00	12.03
2011	9.90	6.80	21.10	30.60	1.30	0.01	1.10	0.01	2.00	2.40	5.40	13.50	30.60	0.01	7.84
2012	17.10	28.80	20.10	20.30	9.50	3.70	0.00	0.50	1.10	14.20	7.70	17.70	28.80	0.00	11.73
2013	11.40	17.70	25.30	8.60	9.40	2.60	0.00	0.00	0.10	9.20	0.40	12.80	25.30	0.00	8.13
2014	9.50	9.00	11.00	7.20	10.30	0.00	0.10	1.40	4.00	5.80	10.00	12.00	12.00	0.00	6.69
2015	11.40	8.40	13.40	11.80	11.50	1.50	1.20	0.00	2.00	2.80	6.80	10.80	13.40	0.00	6.80
2016	8.90	17.50	11.30	8.80	4.00	2.20	0.00	0.00	1.40	1.30	0.90	7.50	17.50	0.00	5.32
2017	23.20	17.70	26.00	38.90	9.00	0.80	0.00	5.40	3.10	15.10	3.50	6.50	38.90	0.00	12.43
MAX MENSUAL	32.40	61.70	33.60	38.90	31.90	8.90	4.10	11.00	22.20	21.00	23.70	23.30			
MIN MENSUAL	0.01	0.01	5.2	2.4	0.9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.5			
PROM MENSUAL	13.63	18.96	18.25	13.52	5.89	1.98	0.82	1.13	3.70	7.75	6.35	10.43			

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

FIGURA 1. SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HR. - ESTACIÓN CALLANCAS



Fuente: Elaboración Propia.

Como evidencia el **Figura N°1. Serie Histórica de Precipitaciones Máximas en 24 Hr. - Estación Callancas**, existe un periodo (1982-1983-1984) donde no existen datos registrados. Por tanto, se generó la Tabla N° 8 y N°9, la cual sirvió para la determinación de la consistencia y tendencia en las precipitaciones máximas en 24 horas registrado para cada año de la serie en la estación Callancas los cual se manifiestan a continuación:

TABLA 8. PERIODO 1 DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HR. – ESTACIÓN CALLANCAS

PERIODO 1	
Año	Pmax24Hr.
1972	24.00
1973	23.10
1974	19.40
1975	31.00
1976	25.50
1977	32.40
1978	23.70
1979	30.70
1980	19.90
1981	35.50

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 9. PERIODO 2 DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HR. – ESTACIÓN CALLANCAS.

PERIODO 2	
Año	Pmax24Hr.
1985	30.40
1986	19.10
1987	26.70
1988	18.00
1989	23.20
1990	7.70
1991	14.10
1992	10.60
1993	22.20
1994	13.80
1995	33.60
1996	22.70
1997	23.30
1998	42.50
1999	37.50
2000	22.00
2001	33.60
2002	32.40
2003	28.80
2004	23.10
2005	32.00
2006	19.60
2007	31.90
2008	31.90
2009	28.70
2010	61.70
2011	30.60
2012	28.80
2013	25.30
2014	12.00
2015	13.40
2016	17.50
2017	38.90

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2.3. Análisis estadísticos de datos hidrológicos

Luego de acopiada la información pluviométrica de la estación seleccionada, se hace indispensable analizar su consistencia, procesarla y sintetizarla para obtener un producto adecuado óptimo para efectuar los diseños. El análisis estadístico

se relaciona con la confiabilidad (calidad), continuidad (datos faltantes) y longitud de los registros (longitud de la serie).

Además, se aplicó el análisis de frecuencias respectivo de precipitaciones máximas diarias, con el objetivo de estimar la precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, esto mediante la aplicación de modelos probabilísticos los cuales pueden ser discretos o continuos, dicha estimación de parámetros se realizó mediante el método de momentos.

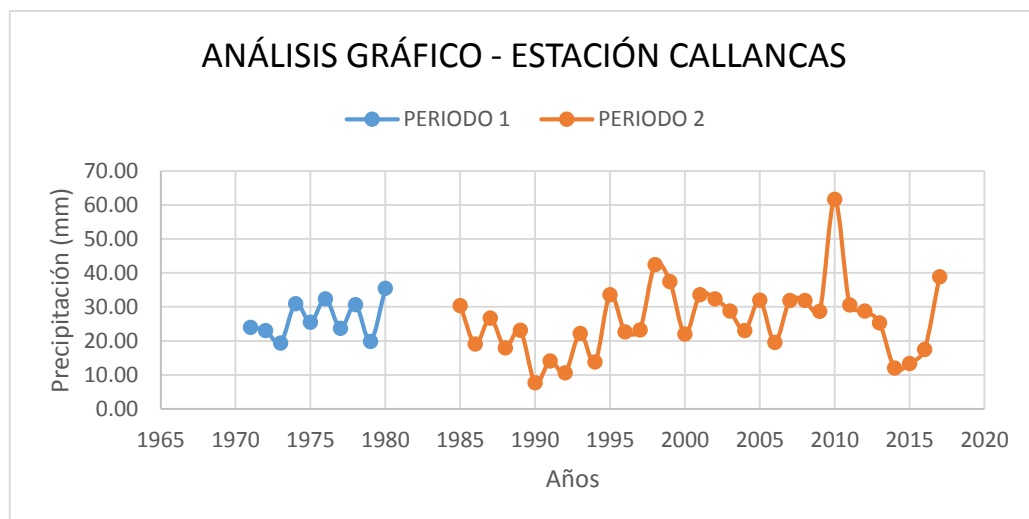
A. Análisis de consistencia

a. Análisis de Saltos

El salto se determina como la forma transitoria que permite a una serie temporal pasar de un estado a otro, como respuesta cambios propiciados por errores o a cambio violentos ocurridos en la naturaleza.

- ❖ Análisis Gráfico: en nuestro caso particular se dispone de una estación, por lo que se realizó un análisis visual de la información original, la misma que se hizo mediante comparación de periodos homólogos de la misma muestra (Periodo 1 y Periodo 2). En el caso de la estación en estudio, el análisis visual evidencia ligeros saltos.

FIGURA 2. ANÁLISIS GRÁFICO - ESTACIÓN CALLANCAS



Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Evaluación y Cuantificación de Saltos: se realizó el proceso de inferencia para la media y la varianza de los periodos dudosos y confiables, establecidos en el análisis gráfico. Para lo cual se efectuó la consistencia en la media, la cual se realizó mediante la prueba estadística “T-Student”, en ese sentido se verificó si las medias de los periodos son equivalentes o diferentes estadísticamente. Asimismo, se realizó la homogeneidad en la varianza, mediante la prueba de “F-Fisher”, obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA 10. DATOS PARA EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SALTOS - ESTACIÓN CALLANCAS

ESTACIÓN	Periodo	Promedio	Des. Est	Nº datos	Varianza
E. CALLANCAS	Periodo 1	26.52	5.52	10.00	30.48
	Periodo 2	25.99	10.72	33.00	114.97

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 11. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS SUPONIENDO VARIANZAS IGUALES

	Variable 1	Variable 2
Media	26.52	25.98787879
Varianza	30.47955556	114.9660985
Observaciones	10	33
Varianza agrupada	96.42027199	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	41	
Estadístico t	0.150123658	
P(T<=t) una cola	0.440701584	
Valor crítico de t (una cola)	1.682878002	
P(T<=t) dos colas	0.881403167	
Valor crítico de t (dos colas)	2.01954097	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 12. PRUEBA F PARA VARIANZAS DE DOS MUESTRAS

	Variable 1	Variable 2
Media	25.98787879	26.52
Varianza	114.9660985	30.47955556
Observaciones	33	10
Grados de libertad	32	9
F	3.771908625	
P(F<=f) una cola	0.02035039	
Valor crítico para F (una cola)	2.854309077	

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 13. RESULTADOS PRUEBA T STUDENT

PRUEBA T STUDEN	
PARÁMETROS CALCULADOS	
Sd =	9.82
Sp =	3.54
Tc =	0.15012
Tt =	2.01954
Desición	Ok

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 14. RESULTADOS PRUEBA T FISHER

PRUEBA F FISHER	
PARÁMETROS CALCULADOS	
Fc =	3.77
Ft =	2.85
Desición	Corregir

Fuente: Elaboración Propia.

Por consiguiente, se realizó la corrección ya que las varianzas de los periodos (periodo 1 y periodo 2) de la estación callancas son estadísticamente diferentes. En ese sentido, se optó por considerar el Periodo 1 como confiable y al Periodo 2 como dudoso así para efectuar la corrección se utilizó la siguiente expresión:

$$X_1 = \left(\frac{X_1 - \bar{X}_2}{S_2} \right) S_1 + \bar{X}_1$$

Dónde:

- ✓ X_1 : Dato a corregir.
- ✓ X_2 : Dato corregido.
- ✓ S : Varianza
- ✓ \bar{X} : Media

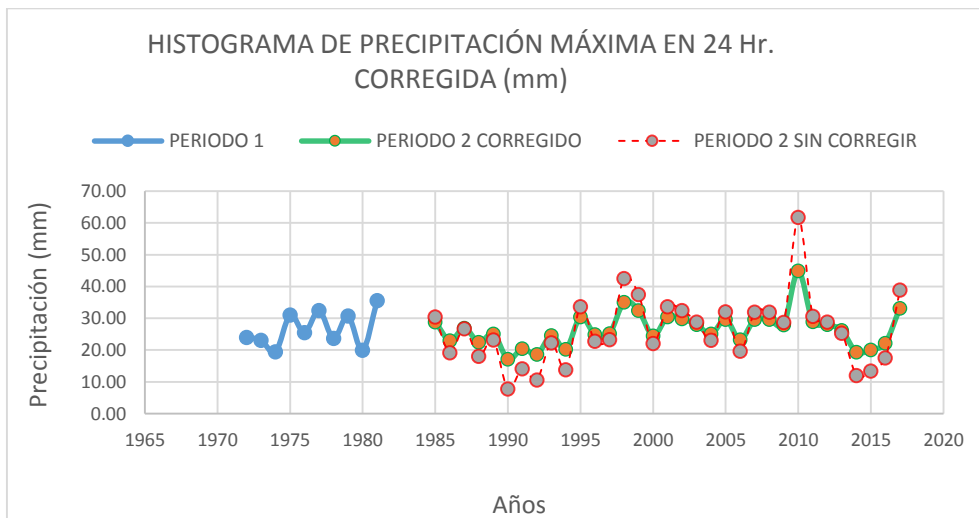
A continuación, se muestra el Periodo 2 corregido:

TABLA 15. PERIODO DUDOSO CORREGIDO

PERIODO 2		
Año	Pmax24Hr.	Pmax24Hr.C
1985	30.40	28.79
1986	19.10	22.97
1987	26.70	26.89
1988	18.00	22.41
1989	23.20	25.08
1990	7.70	17.10
1991	14.10	20.40
1992	10.60	18.60
1993	22.20	24.57
1994	13.80	20.24
1995	33.60	30.44
1996	22.70	24.83
1997	23.30	25.14
1998	42.50	35.02
1999	37.50	32.45
2000	22.00	24.47
2001	33.60	30.44
2002	32.40	29.82
2003	28.80	27.97
2004	23.10	25.03
2005	32.00	29.62
2006	19.60	23.23
2007	31.90	29.56
2008	31.90	29.56
2009	28.70	27.92
2010	61.70	44.91
2011	30.60	28.89
2012	28.80	27.97
2013	25.30	26.17
2014	12.00	19.32
2015	13.40	20.04
2016	17.50	22.15
2017	38.90	33.17

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 3. HISTOGRAMA DE P_{MAX} 24HR CORREGIDA DE SALTOS



Fuente: Elaboración Propia.

b. Análisis de la Tendencia

La tendencia representa un cambio continuo en el registro histórico, al igual que los saltos, la tendencia se evidencia en la media y la varianza. En el presente estudio sólo se analizó la tendencia en la media, ya que la tendencia en la varianza se presenta en datos semanales o mensuales, más no en datos anuales.

TABLA 16. DATOS PARA EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TENDENCIA - ESTACIÓN CALLANCAS

	t	Tmpz	Tm*t
PROMEDIO	258.5	8.578449612	2263.701899
DESV.EST	149.1006372	8.754203402	3071.549609

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 17. PARÁMETROS DETERMINADOS ANÁLISIS DE TENDENCIA – E. CALLANCAS

i =	516
t prom =	258.500
St =	149.101
Tm prom =	8.578
Stm=	8.754
(t*Tm) prom=	2263.702

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 18. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA MEDIA

Análisis de Tendencia en la Media		
n datos	516	Número datos analizados
R	0.035	Coef. Correlación
Tc	0.8025	T calculado
GL	514.00	Grados de Libertad
$\alpha/2$	0.025	Nivel Significación
Tt	1.96	T de tabla
Descisión	No corregir	Conclusión

Fuente: *Elaboración Propia.*

B. Cálculo de la longitud mínima de registro de la serie

Según Mockus en 1960 refiere que, el cálculo de la longitud de registro permite conocer si la extensión del registro o serie de datos es apta para predecir con mayor precisión la precipitación máxima.

$$Y_m = (4.30 \cdot \tau \cdot \log R)^2 + 6$$

$$\text{Si: } R = \frac{Tr_{50}}{Tr_2}$$

Por tanto:

TABLA 19. RESULTADOS DE LA LONGITUD MÍNIMA DE REGISTRO - ESTACIÓN CALLANCAS

Descripción		Valor
n	Grados de libertad (datos -6).	37 años
$t_{(0.025,n)}$	T-student al 97.5%.	2.0262
Tr_2	Precipitación para un tiempo de retorno de 2 años según Gumbel.	25.31
Tr_{50}	Precipitación para un tiempo de retorno de 50 años según Gumbel.	38.25
R	Relación de caudales.	1.511
Y_m	Longitud adecuada de registros.	09 años

Fuente: *Elaboración Propia.*

A través de éste método se determinó la cantidad de años necesarios; por tanto, el promedio resultó 10 años; ahora bien, se dispone de una serie de registros de 43 años de datos; por consiguiente, se cuenta con una longitud adecuada de datos.

C. VALORES ATÍPICOS (OUTLIERS)

La información de precipitaciones máximas registradas en las estaciones, fue analizada para evaluar su confiabilidad; esta evaluación se llevó a cabo a través de análisis de datos dudosos (outliers) y por medio de la relación entre área de la cuenca y el promedio de los caudales máximos.

Según lo contenido en “**Hidrología Aplicada**” (Ven Te Chow), los outliers son datos que se alejan significativamente de la tendencia de la información y que afectan de una manera considerable la magnitud de los parámetros estadísticos de la serie, especialmente en muestras pequeñas. Para detectar los datos dudosos, se calcularon umbrales superiores e inferiores para cada serie de datos de caudales máximos de las estaciones analizadas, de acuerdo a las siguientes ecuaciones de frecuencia.

$$Y_h = y + K_n * S_y$$

$$Y_l = y - K_n * S_y$$

Dónde:

- Y_h : umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas.
- Y_l : umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.
- y : media de los logaritmos de la precipitación máxima diaria.
- S_y : desviación estándar de los logaritmos de los caudales.
- K_n : valor tabulado para una muestra de tamaño n .

Además de:

$$L_{sup} = 10^{(Y_h)}$$

$$L_{inf} = 10^{(Y_l)}$$

Dónde:

- L_{sup} : Límite máximo superior.
- L_{inf} : Límite mínimo inferior

TABLA 20. VALORES DE KN PARA PRUEBA DE DATOS DUDOSOS

Tamaño muestra n	Kn	Tamaño muestra n	Kn	Tamaño muestra n	Kn	Tamaño muestra n	Kn
10	2.036	18	2.335	26	2.502	34	2.616
11	2.088	19	2.361	27	2.519	35	2.628
12	2.134	20	2.385	28	2.534	36	2.639
13	2.175	21	2.408	29	2.549	37	2.650
14	2.213	22	2.429	30	2.563	38	2.661
15	2.247	23	2.448	31	2.577	39	2.671
16	2.279	24	2.467	32	2.591	40	2.682
17	2.309	25	2.486	33	2.604		

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow.

Cabe resaltar que con éste método sólo se pueden evaluar estaciones que cuenten con series de más de 10 años de registro.

TABLA 21. VALORES PARA EL CÁLCULO DE OUTLIERS – ESTACIÓN CALLANCAS

REGISTRO	AÑO	Pmax24Hr.	Log(Pmax24Hr.)
1	1972	24.00	1.380
2	1973	23.10	1.364
3	1974	19.40	1.288
4	1975	31.00	1.491
5	1976	25.50	1.407
6	1977	32.40	1.511
7	1978	23.70	1.375
8	1979	30.70	1.487
9	1980	19.90	1.299
10	1981	35.50	1.550
11	1985	28.79	1.459
12	1986	22.97	1.361
13	1987	26.89	1.430
14	1988	22.41	1.350
15	1989	25.08	1.399
16	1990	17.10	1.233
17	1991	20.40	1.310
18	1992	18.60	1.269
19	1993	24.57	1.390
20	1994	20.24	1.306
21	1995	30.44	1.483
22	1996	24.83	1.395
23	1997	25.14	1.400
24	1998	35.02	1.544
25	1999	32.45	1.511
26	2000	24.47	1.389
27	2001	30.44	1.483
28	2002	29.82	1.475
29	2003	27.97	1.447
30	2004	25.03	1.399
31	2005	29.62	1.472

32	2006	23.23	1.366
33	2007	29.56	1.471
34	2008	29.56	1.471
35	2009	27.92	1.446
36	2010	44.91	1.652
37	2011	28.89	1.461
38	2012	27.97	1.447
39	2013	26.17	1.418
40	2014	19.32	1.286
41	2015	20.04	1.302
42	2016	22.15	1.345
43	2017	33.17	1.521
Media			1.415
Desv. Estándar			0.087

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 22. UMBRALES PARA LA SERIE DE DATOS - ESTACIÓN CALLANCAS

Yh =	1.65
Yl =	1.18
Lsup. =	44.57
Linf. =	15.16

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, se realizó el análisis para la estación Callancas, y para los valores que se encontraron fuera de los umbrales, se analizaron con el objetivo de verificar si en la fecha de registro existió algún evento meteorológico (tormenta particular, año de niño u otro fenómeno) que pudiese haber afectado los valores de precipitación registrados, que pudiera dar explicación del porque el dato se halla fuera del rango de los umbrales.

TABLA 23. OUTLIERS EN SERIES HISTÓRICAS DE PMAX24HR

ESTACIÓN	UMBRAL INFERIOR	UMBRAL SUPERIOR	DATO OUTLIER	FECHA	OBSERVACIÓN
Callancas	15.16	44.57	44.91	06 de Febrero de 2010	Dato dudoso, descartado.

Fuente: Elaboración Propia.

D. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Tomando como referencia lo contenido en el manual, PERU. “**Ministerio de Transporte y Comunicaciones: Hidrología, hidráulica y drenaje.**” Lima. 2014. 25 pág., el estudio de frecuencias tiene por objetivo evaluar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según lo requerido, en función de diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos que pueden ser discretos o continuos; motivo por el cual, se utilizó 8 funciones de distribución contenidas en el Software Hidroesta el cual fue desarrollado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica. En ese sentido, se detallan a continuación las funciones de distribución aplicadas en el presente estudio:

- ❖ **Distribución Normal**, también conocida como campana de Gauss. Aunque muchas veces no se ajusta a los datos hidrológicos tiene una amplia aplicación por ejemplo a los datos transformados que siguen la distribución normal. Se dice que una variable aleatoria x , tiene una distribución normal si su función de densidad esta expresada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s} \text{EXP} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{X}}{s} \right)^2 \right] \text{ ó } f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{X}}{s} \right)^2}$$

Para $-\infty < x < \infty$

Donde:

- (x) = Función densidad normal de la variable x .
= Variable independiente.
 - \bar{X} = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .
= Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .
 - EXP = Función exponencial base e , de los logaritmos neperianos.
- ❖ **Distribución Log-Normal 2 Parámetros**, Si los logaritmos Y de una variable aleatoria X se distribuyen normalmente se dice que X se distribuye normalmente. Esta distribución es muy usada para el cálculo de valores extremos por ejemplo Q_{\max} , Q_{\min} , P_{\max} , P_{\min} . Tiene la ventaja de que $x > 0$ y que la transformación Log tiende a reducir la asimetría positiva ya que al sacar logaritmos se reducen en mayor proporción los datos mayores que los menores, se resalta una limitación ya que tiene

solamente dos parámetros, y que requiere que los logaritmos de las variables estén centrados a la media. La distribución Log-Normal de 2 parámetros se representa de la forma siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Para $0 < x < \infty$, se tiene que $x \sim \log N(\mu_y, \sigma_y^2)$

Dónde:

$\mu_y \sigma_y$ = Son la media y desviación estándar de los logaritmos naturales de x , es decir de $\ln(x)$, y representan respectivamente, el parámetro de escala y el parámetro de forma de distribución.

- ❖ **Distribución Log-Normal 3 Parámetros**, muchos casos el logaritmo de una variable aleatoria x , del todo no son normalmente distribuido, pero restando un parámetro de límite inferior x_0 , antes de tomar logaritmos, se puede conseguir que sea normalmente distribuida. La función de densidad, de la distribución log-normal de 3 parámetros, es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x - x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Para $x_0 \leq x < \infty$

Dónde:

x_0 = Parámetro de posición en el dominio x .

μ_y = Parámetro de escala en el dominio x .

σ_y^2 = Parámetro de forma en el dominio x .

- ❖ **Distribución Gamma 3 Parámetros**, Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Gamma se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecientes máximos anuales, Caudales mínimos, Volúmenes de flujo anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración. La función de distribución Gamma tiene dos o tres parámetros.

$$f(x) = \frac{1}{|\alpha|r(\beta)} \left(\frac{x - x_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp \left(-\frac{x - \widehat{\lambda}_0}{\alpha} \right)$$

Dónde

$$x_0 \leq x < \alpha \text{ para } \alpha > 0$$

$$\alpha < x \leq x_0 \text{ para } \alpha < 0$$

α y β son los parámetros de escala y forma, respectivamente, y x_0 es el parámetro de localización.

❖ **Distribución Gumbel**, La distribución Gumbel es una de las distribuciones de valor extremo, es llamada también Valor Extremo Tipo I, Fisher-Tipett tipo I o distribución doble exponencial. La función de distribución acumulada de la distribución Gumbel, tiene la forma:

$$F(x) = \text{EXP} \left(-\text{EXP} \left(-\frac{x - \mu}{\alpha} \right) \right) \text{ ó } F(x) = e^{-e^{-\frac{x - \mu}{\alpha}}}$$

Para:

$$-\infty < x < \infty$$

Dónde:

$0 < \alpha < \infty$ es el parámetro de escala.

$-\infty < \mu < \infty$ es el parámetro de posición.

Derivando la función de distribución acumulada con respecto a x , se obtiene la función densidad de probabilidad; es decir:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \text{EXP} \left(-\frac{x - \mu}{\alpha} - \text{EXP} \left(\frac{x - \mu}{\alpha} \right) \right) \text{ ó } f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x - \mu}{\alpha}} e^{-\frac{x - \mu}{\alpha}}$$

Para:

$$-\infty < x < \infty$$

❖ **Distribución Log-Gumbel**, la función de distribución acumulada de la distribución Gumbel tiene la forma según (8). Si en dicha ecuación, la variable x se reemplaza por $\ln x$, se obtiene la función acumulada de la distribución log-Gumbel, o distribución de Fréchet.

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x - \mu}{\alpha}}}$$

Para: $-\infty < \ln x < \infty$

- ❖ **Distribución Log-Pearson Tipo III**, si los logaritmos Y de una variable aleatoria X se ajustan a una distribución Pearson tipo III, se dice que la variable aleatoria X se ajusta a una distribución Log Pearson Tipo III. Esta distribución es ampliamente usada en el mundo para el análisis de frecuencia de Caudales máximos. Esta se trabaja igual que para la Pearson Tipo III pero con X_y y S_y como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original X .

$$f(x) = \frac{1}{x|\alpha|r(\beta)} \left(\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp \left(-\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha} \right)$$

Dónde

$$y_0 \leq y < \alpha \text{ para } \alpha > 0$$

$$\alpha \leq y \leq y_0 \text{ para } \alpha < 0$$

α y β son los parámetros de escala y forma, respectivamente, y y_0 es el parámetro de localización.

Los resultados de la aplicación de cada modelo de distribución, obtenidos del Software Hidroesta para cada estación, se efectuaron con la finalidad de obtener el mejor ajuste.

E. PRUEBAS DE BONDAD DEL AJUSTE

En la teoría estadística, las pruebas de bondad del ajuste más utilizadas en hidrología son la χ^2 y la de Kolmogorov – Smirnov. Para fines del presente, se utilizó la prueba de Kolmogorov – Smirnov, la cual se describe a continuación:

- ❖ **Prueba de Kolmogorov – Smirnov**, ésta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la la diferencia “D” entre la función de distribución de probabilidad observado $F_0(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

$$D = \text{máx} / F_0(x_m) - F(x_m)$$

Con un valor crítico de “d” que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla N° 24) Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(x_m) = 1 - m / (n+1)$$

Dónde (m) es el número de orden de dato xm en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos. (Aparicio, 1996).

TABLA 24. VALORES CRÍTICOS “D” PARA LA PRUEBA KOLMOGOROV – SMIRNOV

Tamaño de la Muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.2	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Fuente: Aparicio, 1996.

El análisis de la prueba de Kolmogorov – Smirnov para las estaciones pluviométrica Callancas, se realizó utilizando la herramienta Excel constatando resultados con el software Hidroesta.

TABLA 25. RESULTADOS DE MEJOR AJUSTE Y PRUEBA DE BONDAD

		Probabilidad de excedencia F(x)							Diferencia Delta D					
	DATOS	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Pearson T-III	Gamma 2P	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Pearson T-III	Gamma 2P
1	17.1036	0.0233	0.0279	0.0138	0.0178	0.0015	0.0062	0.0166	0.0046	0.0094	0.0054	0.0218	0.0171	0.0067
2	18.5968	0.0465	0.0554	0.0402	0.0440	0.0130	0.0301	0.0428	0.0089	0.0063	0.0025	0.0335	0.0164	0.0037
3	19.3177	0.0698	0.0748	0.0616	0.0641	0.0283	0.0529	0.0632	0.0050	0.0082	0.0056	0.0415	0.0169	0.0065
4	19.4000	0.0930	0.0773	0.0645	0.0668	0.0306	0.0561	0.0659	0.0157	0.0286	0.0262	0.0624	0.0369	0.0271
5	19.9000	0.1163	0.0939	0.0837	0.0846	0.0478	0.0778	0.0841	0.0224	0.0325	0.0316	0.0685	0.0385	0.0321
6	20.0386	0.1395	0.0990	0.0897	0.0901	0.0535	0.0846	0.0897	0.0406	0.0498	0.0494	0.0860	0.0549	0.0498
7	20.2445	0.1628	0.1068	0.0990	0.0987	0.0628	0.0954	0.0985	0.0560	0.0638	0.0641	0.0999	0.0674	0.0643
8	20.3990	0.1860	0.1130	0.1064	0.1055	0.0705	0.1039	0.1054	0.0730	0.0796	0.0805	0.1156	0.0821	0.0806
9	22.1496	0.2093	0.2011	0.2122	0.2036	0.1932	0.2257	0.2051	0.0082	0.0029	0.0057	0.0161	0.0164	0.0042
10	22.4071	0.2326	0.2168	0.2308	0.2211	0.2160	0.2466	0.2228	0.0157	0.0017	0.0115	0.0166	0.0140	0.0097
11	22.9735	0.2558	0.2539	0.2740	0.2621	0.2691	0.2945	0.2643	0.0019	0.0182	0.0063	0.0132	0.0387	0.0084
12	23.1000	0.2791	0.2626	0.2841	0.2716	0.2813	0.3055	0.2739	0.0164	0.0050	0.0074	0.0023	0.0264	0.0052
13	23.2309	0.3023	0.2718	0.2945	0.2817	0.2941	0.3169	0.2841	0.0305	0.0078	0.0206	0.0082	0.0146	0.0183
14	23.7000	0.3256	0.3059	0.3330	0.3189	0.3408	0.3581	0.3215	0.0197	0.0074	0.0067	0.0152	0.0325	0.0041
15	24.0000	0.3488	0.3287	0.3582	0.3434	0.3709	0.3845	0.3461	0.0202	0.0093	0.0054	0.0221	0.0357	0.0027
16	24.4667	0.3721	0.3654	0.3979	0.3825	0.4177	0.4256	0.3854	0.0067	0.0258	0.0104	0.0456	0.0535	0.0133
17	24.5696	0.3953	0.3736	0.4067	0.3913	0.4279	0.4346	0.3941	0.0217	0.0114	0.0041	0.0326	0.0393	0.0012
18	24.8271	0.4186	0.3946	0.4288	0.4133	0.4533	0.4569	0.4162	0.0240	0.0102	0.0053	0.0347	0.0383	0.0024
19	25.0330	0.4419	0.4116	0.4465	0.4311	0.4734	0.4746	0.4339	0.0303	0.0046	0.0108	0.0315	0.0327	0.0080
20	25.0845	0.4651	0.4158	0.4509	0.4355	0.4783	0.4790	0.4383	0.0493	0.0142	0.0296	0.0132	0.0139	0.0268
21	25.1360	0.4884	0.4201	0.4553	0.4399	0.4833	0.4834	0.4428	0.0682	0.0331	0.0484	0.0051	0.0050	0.0456
22	25.5000	0.5116	0.4506	0.4863	0.4714	0.5177	0.5139	0.4741	0.0610	0.0253	0.0403	0.0061	0.0023	0.0375
23	26.1658	0.5349	0.5071	0.5421	0.5285	0.5776	0.5676	0.5310	0.0278	0.0072	0.0064	0.0428	0.0327	0.0039
24	26.8867	0.5581	0.5680	0.6000	0.5887	0.6372	0.6218	0.5908	0.0099	0.0418	0.0306	0.0790	0.0637	0.0327
25	27.9165	0.5814	0.6520	0.6763	0.6694	0.7116	0.6913	0.6707	0.0706	0.0949	0.0880	0.1303	0.1099	0.0893
26	27.9679	0.6047	0.6561	0.6798	0.6732	0.7150	0.6946	0.6745	0.0514	0.0752	0.0686	0.1104	0.0899	0.0698
27	27.9679	0.6279	0.6561	0.6798	0.6732	0.7150	0.6946	0.6745	0.0281	0.0519	0.0453	0.0871	0.0667	0.0466
28	28.7918	0.6512	0.7181	0.7340	0.7312	0.7650	0.7427	0.7318	0.0669	0.0828	0.0800	0.1139	0.0915	0.0806
29	28.8948	0.6744	0.7255	0.7403	0.7380	0.7708	0.7483	0.7385	0.0510	0.0659	0.0635	0.0963	0.0739	0.0641
30	29.5641	0.6977	0.7709	0.7789	0.7795	0.8050	0.7823	0.7796	0.0732	0.0813	0.0819	0.1074	0.0846	0.0819
31	29.5641	0.7209	0.7709	0.7789	0.7795	0.8050	0.7823	0.7796	0.0499	0.0580	0.0586	0.0841	0.0614	0.0587
32	29.6156	0.7442	0.7742	0.7817	0.7825	0.8075	0.7847	0.7826	0.0300	0.0375	0.0384	0.0633	0.0405	0.0384
33	29.8216	0.7674	0.7872	0.7926	0.7943	0.8170	0.7943	0.7942	0.0197	0.0252	0.0269	0.0495	0.0269	0.0268
34	30.4394	0.7907	0.8233	0.8230	0.8270	0.8430	0.8209	0.8266	0.0327	0.0323	0.0363	0.0523	0.0302	0.0359
35	30.4394	0.8140	0.8233	0.8230	0.8270	0.8430	0.8209	0.8266	0.0094	0.0091	0.0131	0.0291	0.0069	0.0126

36	30.7000	0.8372	0.8374	0.8348	0.8396	0.8530	0.8311	0.8391	0.0002	0.0024	0.0024	0.0158	0.0061	0.0019
37	31.0000	0.8605	0.8526	0.8476	0.8533	0.8637	0.8424	0.8526	0.0079	0.0129	0.0071	0.0033	0.0181	0.0078
38	32.4000	0.8837	0.9108	0.8972	0.9059	0.9049	0.8864	0.9049	0.0271	0.0135	0.0222	0.0212	0.0027	0.0212
39	32.4475	0.9070	0.9124	0.8986	0.9074	0.9061	0.8877	0.9064	0.0055	0.0083	0.0004	0.0009	0.0193	0.0006
40	33.1684	0.9302	0.9344	0.9182	0.9277	0.9222	0.9055	0.9266	0.0042	0.0120	0.0026	0.0080	0.0247	0.0037
41	35.0220	0.9535	0.9716	0.9543	0.9636	0.9524	0.9399	0.9626	0.0181	0.0008	0.0101	0.0011	0.0136	0.0091
42	35.5000	0.9767	0.9776	0.9610	0.9698	0.9581	0.9466	0.9689	0.0008	0.0158	0.0069	0.0187	0.0301	0.0078
								Δ teorico	0.0732	0.0949	0.0880	0.1303	0.1099	0.0893
									Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
								Δ tabular	0.2099					

Fuente: Elaboración Propia.

F. FRACTORES DE FRECUENCIA

Los sistemas hidrológicos son normalmente afectados por eventos extremos como pueden ser fuertes tormentas, crecientes máximos, entre otras.

Ven Te Chow refiere que la magnitud de un evento extremo esta inversamente relacionado con su frecuencia de ocurrencia, en otras palabras, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos moderados.

Basándonos en el mejor ajuste (D. Normal) el factor de frecuencia para periodos de retorno específicos está dado por la obtención de X_t .

$$X_T = \mu + K_T \sigma$$

$$K_T = z$$

$$z = - \left(w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \right)$$

$$p = (1/T_R)$$

Cuando: $0 < p \leq 0.5$:

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{1-p^2} \right) \right]^{1/2}$$

Aplicando las fórmulas se obtuvo la precipitación proyectada, en función de los diferentes periodos de retorno, así tenemos:

TABLA 26. PRECIPITACIÓN PROYECTADA

METODO DISTRIBUCIÓN NORMAL				
TR	P	W	Kt	PRECIP.PROYECTADA (mm)
2	0.500	0.53636002	1.08123615	31.097
3	0.333	0.34319533	1.50101644	33.044
5	0.200	0.20204454	1.86247974	34.721
10	0.100	0.10025136	2.16601806	36.128
20	0.050	0.05003129	2.33367543	36.906
25	0.040	0.04001601	2.36880574	37.069
50	0.020	0.02000200	2.44086632	37.403
100	0.010	0.01000025	2.47785287	37.575
200	0.005	0.00500003	2.49659827	37.662
500	0.002	0.00200000	2.50792845	37.714

Fuente: Elaboración Propia.

G. PERIODO DE RETORNO Y VIDA ÚTIL

EL riego de falla admisible en función al periodo de retorno y vida útil de la obra viene dada por: $R = 1 - (1 - 1/T)^n$.

Si la obra tiene una vida útil en n años, a la fórmula anterior permite calcular el periodo de retorno T, fijando el riego de falla admisible R, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. La siguiente tabla representa el valor T para riegos admisible R y para la vida útil n de las obras de arte proyectadas. En tal sentido, los valores de recurrencia media, para el diseño de las obras de drenaje, se ajustaron a los valores mínimos establecidos en la normatividad vigente.

TABLA 27. VALORES DE PERIODOS DE RETORNO T(AÑOS)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: Manual de carretera. Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Por lo tanto, se efectuó el cálculo del periodo de retorno considerando lo dispuesto por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, el mismo que indica lo siguiente:

TABLA 28. VALORES MÁXIMOS RECOMENDADOS DE RIEGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE

TIPO DE OBRA	RIESGO (**) ADMISIBLE (%)
Puentes (*)	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

Fuente: Manual de carretera. Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Adicionalmente recomienda que la vida útil (n):

- ✓ Puentes y Defensas Ribereñas n = 40 años.
- ✓ Alcantarillas de quebradas importantes n = 25 años
- ✓ Alcantarillas de quebradas menores n = 15 años
- ✓ Drenaje de plataforma y Sub drenes n = 15 años

Por lo antes expuesto, se obtuvo el Periodo de retorno por interpolación.

TABLA 29. PERIODO DE RETORNO PARA R = 0.25 Y N =15 AÑOS

X	Y	X =	15
10	7.7	Xo =	10
15	-	X1 =	20
20	15	Y =	11.35 años

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 30. PERIODO DE RETORNO PARA R = 0.50 Y N =15 AÑOS

X	Y	X =	15
10	2.7	Xo =	10
15	-	X1 =	20
20	5	Y =	3.85 años

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 31. PERIODO DE RETORNO PARA R = 0.35 Y N =15 AÑOS

r	n	X =	0.3
0.25	11.35	Xo =	0.25
0.30	-	X1 =	0.5
0.50	3.85	T (años) =	10 años
Calculado Diseño		T (años) =	10 años

Fuente: Elaboración propia.

H. SUB CUENCAS HIDROGRÁFICAS

En el área del proyecto, se identificaron micro cuencas hidrográficas que interceptan el alineamiento de la vía proyectada, donde actualmente no existen obras de cruce que permitan evacuar las descargas de éstas. Asimismo, estas micro cuencas no se encuentran contempladas dentro de las cartas nacionales por lo que la información de campo fue fundamental referente al comportamiento de éstas y la identificación de características hidrogeomorfológicas de las áreas que drenan.

Se complementó la información de campo de las cuencas colectoras de los mapas topográficos a una escala de 1: 100,000 que cubre el área del proyecto, contrastando dicha información con la topografía generada mediante imagen satelital de Landsat 8 OLI / TIRS.

Se presenta ubicación y principales características geométricas de las micro cuencas identificadas. (Ver cuadro 32 Características Morfométricas de las Micro Cuencas).

TABLE 32. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICRO CUENCAS

N°	PROGRESIVA	COORDENADAS PROG.		AREA	LONG. CURSO	COTA (msnm)		COORDENADAS CENTROIDE	
	(Km.)	ESTE	NORTE	(Km2)	(Km)	MAX	MINIMA	ESTE	NORTE
1	08+930.71	777425.284	777425.284	0.209	0.95	3567	3197	777703.861	9131641.401
2	09+446.06	777726.253	9131030.088	0.383	0.42	3540	3258	777946.29	9131441.290

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.4. Tormenta de Diseño

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema y los caudales resultantes a través de éste. se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales.

Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto (por ejemplo, en mm de lluvia) y mediante un hietograma de diseño que relacione la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta. (tiempo-precipitación).

Para determinar el tiempo de duración de una tormenta, es necesario contar con información pluviografica, pero al no tener esta información, se deberá estimar un valor apropiado de acuerdo a entrevistas con personas que viven en la zona.

Se describirá a continuación una metodología para desarrollar una Tormenta de Diseño, para lo cual repasaremos algunos conceptos.

A. Curvas intensidad duración frecuencia (IDF)

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la

frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los histogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos histogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor valor observado correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

En nuestro caso particular, no se cuenta con registros de bandas pluviograficas, razón por la cual se empleará la metodología propuesta por Yance Tueros y Frederich Bell, Este método puede ser empleado directamente cuando no se cuenta con ningún registro de lluvias, pero cuando se tiene algún tipo de registro de lluvias como el caso de pluviómetros, estas curvas IDF, deben ser normalizadas a los valores de registro que se tienen.

❖ INTENSIDAD MÁXIMA

El “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012- pag.34” refiere que, La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Donde P es la profundidad de lluvia (mm) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del período de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

❖ CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA

Se estimó la intensidad máxima con la información disponible registrada en un periodo de 24 horas, en tal sentido, la intensidad máxima horaria se obtuvo mediante el modelo de Frederich Bell el cual refiere:

$$P_D^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54D^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

Dónde

t : duración en minutos

T : período de retorno

P_D^T : precipitación caída en D minutos con período de retorno en T años

P_{60}^{10} : precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

Asimismo, el valor de P_{60}^{10} se obtiene a partir de la fórmula de Yance Tueros que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

Dónde:

I : intensidad máxima en mm/hr.

a : 0.4602

b : 0.876

P_{24} : precipitación en 24hr.

Tomando como referencia lo anterior, se estimó la intensidad máxima para cada estación utilizando la fórmula de Yance Tueros ($T_r = 10$ años y $D = 60$ minutos); así se obtuvo:

✓ Estación Callancas $\rightarrow P_{60}^{10} = 16.3227 \text{ mm}$.

Por tanto, se procedió a calcular la intensidad máxima para la estación aplicando el modelo de Frederich Bell, así se obtuvo:

Estación Callancas:

TABLA 33. PRECIPITACIÓN (MM) PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO

T (años)	Pmax.24 h	DURACIÓN (t, minutos)						
		5	10	15	20	30	60	120
500	37.714	9.160	13.711	16.76	19.12	22.75	29.88	38.35
200	37.662	8.194	12.266	15.00	17.11	20.35	26.73	34.30
100	37.575	7.464	11.172	13.66	15.58	18.54	24.34	31.25
50	37.403	6.733	10.079	12.32	14.06	16.72	21.96	28.19
25	37.069	6.003	8.985	10.98	12.53	14.91	19.58	25.13
20	36.906	5.767	8.633	10.55	12.04	14.33	18.81	24.14
10	36.128	5.037	7.539	9.22	10.52	12.51	16.43	21.09
5	34.721	4.306	6.446	7.88	8.99	10.70	14.05	18.03
3	33.044	3.768	5.640	6.90	7.87	9.36	12.29	15.77
2	31.097	3.340	5.000	6.11	6.97	8.30	10.90	13.98

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 34. INTENSIDADES MÁXIMAS (MM/HR) PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO

T (años)	Pmax. 24 h	DURACIÓN (t, minutos)						
		5	10	15	20	30	60	120
500	37.714	109.92	82.27	67.05	57.37	45.51	29.88	19.17
200	37.662	98.33	73.60	59.98	51.32	40.71	26.73	17.15
100	37.575	89.56	67.03	54.64	46.75	37.08	24.34	15.62
50	37.403	80.80	60.47	49.29	42.17	33.45	21.96	14.09
25	37.069	72.03	53.91	43.94	37.60	29.82	19.58	12.56
20	36.906	69.21	51.80	42.22	36.12	28.65	18.81	12.07
10	36.128	60.44	45.24	36.87	31.55	25.02	16.43	10.54
5	34.721	51.67	38.68	31.52	26.97	21.39	14.05	9.01
3	33.044	45.21	33.84	27.58	23.60	18.72	12.29	7.89
2	31.097	40.09	30.00	24.45	20.92	16.60	10.90	6.99

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 35. DATOS PARA APLICACIÓN DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

DATOS REGRESIÓN							
T (años)	Pmax. 24 h	DURACIÓN (t, minutos)					
		5	10	20	30	60	120
100	37.57465	89.5649129	67.033633	46.747445	37.079219	24.343772	15.623061
50	37.403104	80.7980008	60.472158	42.17165	33.449782	21.960922	14.093824
25	37.068881	72.0310886	53.910682	37.595854	29.820344	19.578073	12.564587
10	36.128338	60.4418611	45.236884	31.546981	25.022489	16.428117	10.543045
5	34.720505	51.674949	38.675408	26.971185	21.393051	14.045268	9.0138077
3	33.044012	45.2140364	33.839827	23.598981	18.71828	12.289189	7.8868124
2	31.097041	40.0857215	30.00161	20.922312	16.595196	10.895312	6.9922659

Fuente: Elaboración propia.

Se efectuó el cálculo de la ecuación general de la intensidad colocando la Cuadro 26. en base logarítmica y posterior a ello se aplicó regresión múltiple obteniéndose:

TABLA 36. VARIABLES GENERALES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA

Log K	1.977
K	98.845
m	0.204
n	0.554

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la ecuación general de Intensidad Máxima para la Estación Callancas viene dada por:

$$I = \frac{94.845xT^{0.204}}{t^{0.554}}$$

❖ **Curvas de intensidad – Duración – Frecuencia**

(I-D-F) son características para cada localidad y para obtenerlas se deben considerar todos los episodios de lluvia ocurridos en dicho sitio a lo largo de un gran número de años, siendo imprescindible tener registrados los datos correspondientes tanto a la cantidad de lluvia (mm) caída como a la duración de las tormentas.

La representación matemática general de las curvas de I – D – F viene dada por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{k \cdot T^m}{t^n}$$

I = Intensidad (mm/hr)

t = Duración de la lluvia (min)

T = Período de retorno (años)

K, m, n = Parámetros de ajuste

Representación de las Curvas I – D – F: se elaboraron las curvas de intensidad – duración – frecuencia de la estación Callancas tomando en consideración la ecuación general obtenida anteriormente, así tenemos:

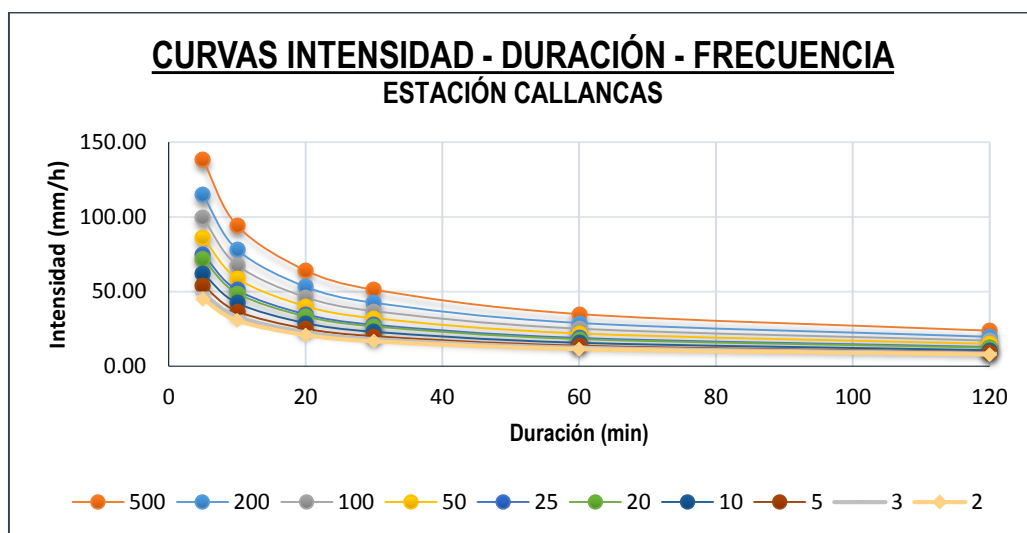
$$I = \frac{94.845xT^{0.204}}{t^{0.554}}$$

TABLA 37. INTENSIDADES MÁXIMAS PARA TORMENTA DE 120 MIN

T (años)	Pmax. 24 h	DURACIÓN (t, minutos)					
		5	10	20	30	60	120
500	37.71	138.25	94.20	64.18	51.28	34.94	23.81
200	37.66	114.68	78.14	53.24	42.54	28.98	19.75
100	37.57	99.56	67.84	46.22	36.93	25.16	17.14
50	37.40	86.43	58.89	40.13	32.06	21.84	14.88
25	37.07	75.04	51.13	34.84	27.83	18.96	12.92
20	36.91	71.70	48.85	33.29	26.60	18.12	12.35
10	36.13	62.25	42.41	28.90	23.09	15.73	10.72
5	34.72	54.04	36.82	25.09	20.04	13.66	9.31
3	33.04	48.69	33.18	22.61	18.06	12.31	8.38
2	31.10	44.83	30.54	20.81	16.63	11.33	7.72

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4. CURVAS INTENSIDAD



Fuente: Elaboración propia.

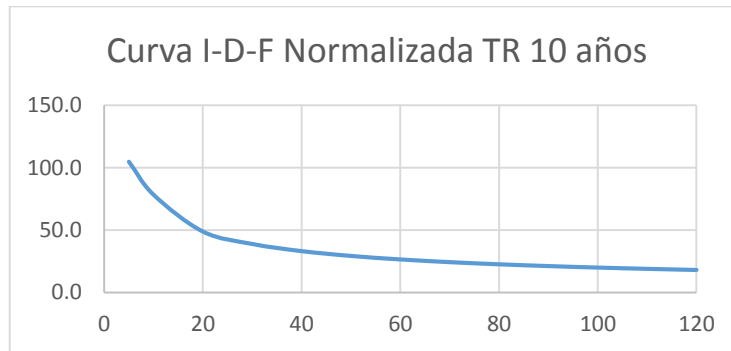
Se realizó la normalización de la precipitación mediante el método del bosque alterno, para una tormenta de diseño de 2 horas de duración.

TABLA 38. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICRO CUENCAS

NORMALIZACIÓN DE DATOS DE CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA										
MÉTODO DE BLOQUES ALTERNOS										
TR 10 años										
Tiempo (min)	Intensidad (mm/hr)	Precipitación (mm)	Incremento (mm)	Bloques	Hietograma (mm)	H. Normalizado (mm)	Bloques	Incremento (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad Normalizada (mm/hr)
5	62.2458	5.1871	5.187148852	13.00	0.816891	1.376668	1.00	8.74166	8.741664	104.89997
10	42.4119	7.0686	1.881498601	11.00	0.908125	1.530421	2.00	4.32093	13.062591	78.37555
20	28.8978	9.6326	2.563961567	9.00	1.035320	1.744777	3.00	3.22167	16.284265	48.85279
30	23.0886	11.5443	1.911684098	7.00	1.229901	2.072695	4.00	3.17080	19.455068	38.91014
40	19.6899	13.1266	1.582285502	5.00	1.582286	2.666553	5.00	2.66655	22.121621	33.18243
50	17.4021	14.5018	1.375195299	3.00	1.911684	3.221674	6.00	2.31755	24.439175	29.32701
60	15.7317	15.7317	1.229900741	1.00	5.187149	8.741664	7.00	2.07270	26.511870	26.51187
70	14.4451	16.8526	1.120897308	2.00	2.563962	4.320927	8.00	1.88900	28.400867	24.34360
80	13.4159	17.8879	1.035319663	4.00	1.881499	3.170803	9.00	1.74478	30.145644	22.60923
90	12.5692	18.8538	0.965885485	6.00	1.375195	2.317554	10.00	1.62776	31.773406	21.18227
100	11.8571	19.7619	0.908124886	8.00	1.120897	1.888997	11.00	1.53042	33.303828	19.98230
110	11.2478	20.6210	0.859123601	10.00	0.965885	1.627763	12.00	1.44784	34.751669	18.95546
120	10.7190	21.4379	0.816890523	12.00	0.859124	1.447842	13.00	1.37667	36.128338	18.06417

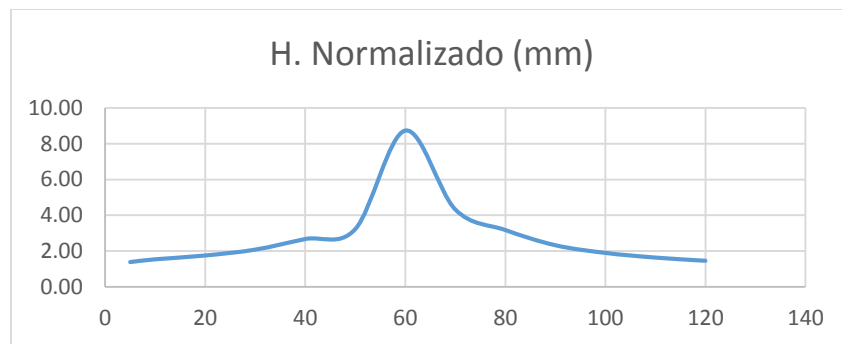
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 5. CURVAS I-D-F



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 6. CURVAS H



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.5. Cálculos de caudales

El cálculo se efectuó en base a la información hidrológica, tomando en consideración la intensidad de la precipitación, las áreas colectoras y la importancia de los cursos comprometidos donde se proyectarán las estructuras de drenaje. Por tanto, dicho cálculo se realizó en función a la extensión superficial de cada micro cuenca identificada para ello se utilizó el método racional ya que las áreas de aportación de las micro cuencas no superan individualmente los 10 Km².

Cabe destacar que, al no encontrar información cercana de estaciones meteorológicas ni de aforo que nos permitan obtener los caudales de diseño sobre una base de información directa, se ha hecho uso del sensor amiento remoto para generar datos de precipitación dentro de las micro cuencas identificadas; asimismo, para la estimación de los caudales se usaron modelos

de precipitación esorrentía los cuales involucran variables inherentes a cada micro cuenca, dichas variables son geométricas y geomorfológicas, las cuales se obtuvieron en campo y en gabinete mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica.

A. MÉTODO RACIONAL

El método racional es muy apropiado cuando la información de superficie de la zona no es superior a 1000 Ha., éste método no es muy exhaustivo, dependiendo del coeficiente de esorrentía y del tiempo de concentración. La expresión utilizada es:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

B. MÉTODO RECIONAL MODIFICADO

Método expuesto por J.R. Témez para la dirección de carreteras, siendo una modificación del método racional modificando la obtención de la precipitación máxima diaria, aplicándose un factor reductor de lluvia, esto debido a la variabilidad espacial de las precipitaciones en las cuencas de tamaño mayores a 1000 Ha., asimismo introduce un coeficiente de uniformidad.

Teniendo como limitantes: $0,25 < T_c < 24h$; $1 < A < 3000 \text{ Km}^2$

➤ Tiempo de concentración:

➤ Coeficiente Reductor de área $T_c = 0.3 * 60 * \left(\frac{L}{s^{0.25}} \right)^{0.76}$

$$ARF = 1 - \frac{\text{Log Superficie (Km}^2\text{)}}{15}$$

➤ Precipitación máxima diaria

$$Pd_{max} = Pd * ARF$$

➤ Coeficiente de Uniformidad

$$K = 1 \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Dónde:

T_c = tiempo de concentración (min)

ARF = Coeficiente reductor de área.

Pd_{max} = precipitación máxima diaria.

K = coeficiente de uniformidad.

3.3.2.6. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración representa el tiempo que demora una gota de agua de lluvia en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de salida de la misma. Por tanto, pasado el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida, al mismo tiempo, como presenta una relación inversamente proporcional entre el tiempo de duración de tormenta y su intensidad, se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración. En el presente estudio se contempló evaluar el tiempo de concentración en función a diferentes autores y para cada micro cuenca que intercepta la vía proyectada, tomando como procedimiento de referencia los establecido en el “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC”. El cual establece lo siguiente:

A. California Culvert Practice (1942):

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L}{H}\right)^{0.385}$$

Dónde

Tc: Tiempo de Concentración (min).

H: Diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (m).

Lc: Longitud del Cauce Principal (m).

B. Kirpich (1940)

$$T_c = 0.01947 (L^{0.77})(S^{-0.385})$$

Dónde

Tc: Tiempo de Concentración (min).

S0: Pendiente Promedio del Cauce Principal (m/m).

Lf: Longitud del Cauce Principal hasta la Divisoria (m).

C. Federal Aviation Administration (1970):

$$T_c = 0.7035 * \frac{(1.1 - C) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Dónde

Tc: Tiempo de Concentración (min).

C: Coeficiente de Escorrentía del método.

S: Pendiente de la Superficie (m/m).

L: Longitud del flujo Superficial (m)

D. Racional Modificado (J. R. Témez) (1987):

$$T_c = 0.3 * 60 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde

T_c: Tiempo de Concentración (min)

S: Pendiente promedio del Cauce principal (%)

L: Longitud del Cauce principal (m)

Se realizó el cálculo del tiempo de concentración para cada micro cuenca y/o quebrada identificada según sus principales características geométricas y morfológicas; en tal sentido, se obtuvo lo siguiente:

TABLA 39. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MORFOLÓGICAS DE LA ESTACIÓN

KIRPICH (1940)	$T_c = 0.01947 * L^3 * S^{-0.385}$	6.858 min.
CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE (1942)	$T_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$	6.858 min.
CALIFORNIA CULVERTS ADMINISTRATION (1970)	$T_c = 0.7035 * \frac{(1.1 - C) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$	11.520 min.
RACIONAL MODIFICADO	$T_c = 0.3 * 60 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$	11.793 min.
T C.PROMEDIO	0.154 horas	9.260 min.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Hidráulica y drenaje

El presente tratará aspectos relacionado al dimensionamiento de las obras de arte que formarán parte del sistema de drenaje de la vía proyectada, ello se elaboró sobre la base de los requerimientos hidrológicos de la zona de estudio y de la respectiva evaluación del comportamiento hidráulico estructural de las obras de drenaje existentes.

El estudio de drenaje comprende la carretera San Luis – Santa Cecilia, el mismo que se desarrolla teniendo terrenos de configuración accidentada.

3.3.3.1. Drenaje superficial

A. Generalidades

Las obras de drenaje proyectadas están conformadas por estructuras transversales y longitudinales, entre otras, la cuales fueron diseñadas teniendo

en consideración los tiempos de vida útil de cada tipo de estructura acorde con lo propuesto en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

B. Drenaje Transversal

Tiene como objetivo posibilitar el pase de flujo inalterado de agua sobre la superficie de la vía proyectada y que transcurre en forma transversal respecto a la sección. Las obras proyectadas servirán para drenar aguas provenientes de quebradas (micro cuencas, quebradas, cárcavas, acequias, canales de riego, entre otros)

C. Drenaje Longitudinal

Tiene como objetivo la evacuación de los flujos superficiales que provienen por las precipitaciones pluviales sobre las zonas de laderas a la carretera y conducir las hacia las obras de drenaje transversal. El estudio propone cuentas laterales.

3.3.3.2. Diseño de cunetas

Estas representan el drenaje longitudinal y se trazan con el fin de recoger el agua de escorrentía sobre la superficie de la calzada, y del talud natural de ladera superior que afecta de forma directa sobre la carretera, permitiendo que toda el agua recogida sea conducida hasta llegar a las obras de drenaje transversal y posteriormente hacia el dren natural del área de proyecto.

El planteamiento hidráulico de las cunetas laterales se tuvo en cuenta parámetros geométricas y climáticas.

A. Zona Húmeda de Influencia

Posterior al trabajo de campo, obtención de información meteorológica, consulta con lugareños y análisis de la precipitación, se determinó que la zona de influencia del proyecto presenta una precipitación máxima de diseño de 00.00 mm para un tiempo de retorno de 100 años, datos necesarios para el diseño hidráulico de las cunetas.

B. Pendiente Trasversal de la Carretera

Para facilitar el ingreso del agua producto de la escorrentía del agua que fluye sobre la superficie de afirmado y proveer su dirección hacia las cunetas, se

tomó en cuenta un mínimo de 3% de pendiente en el sentido transversal de la de la sección de la vía a lo largo de todo su tramo.

C. Pendiente Longitudinal de la Carretera

Respecto de la pendiente longitudinal por emplear en el diseño una vía de 3^{ra} Clase, se definió no reducir la pendiente menor a 0.5%, considerando lo referido en las Normas Peruanas de Carreteras.

D. Sección Geométrica de la Cuneta

La geometría de las cunetas se diseñó en función a criterios hidráulicos, de seguridad vial. DG- 2018 y manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Los principales criterios de diseño aplicados:

- Talud Interior, el manual de hidrología, hidráulica y drenaje recomienda que la sección mínima de la cuneta sea de altura $H = 0.30$ m. y ancho de $B = 0.75$ m.; en contraste con ello por seguridad vial y de acuerdo al volumen de tráfico y la velocidad de diseño, el talud será de 1:3 (V:H), tomando como referencia el manual de diseño geométrico DG 2018. La cual refiere que la relación mínima entre H y B debe ser de 1:3; por lo expuesto la cuneta planteada tiene las siguientes dimensiones, $H = 0.30$ m. y $B = 0.90$ m.

TABLA 40. INCLINACIONES MÁXIMAS DEL TALUD (V:H) INTERIOR DE LA CUNETA

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)		
	< 750		> 750
< 70	01:02 01:03	(*)	01:03
> 70	01:03		01:04

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC, 2010.

- Profundidad de la Cuneta, del manual de hidrología, hidráulica y drenaje se recomienda que, para zona lluviosas la profundidad de cuneta es de 0.30 m.

TABLA 41. DIMENSIONES MÍNIMAS

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (> 3000 mm/año)	0.30	1.20

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito – MTC.

E. Pendiente Longitudinal de Cuneta

La pendiente de la cuneta adoptada es igual a la pendiente del trazo de la vía; sin embargo, cuando ésta última sea muy pronunciada (mayor del 5%) la longitud del tramo de la cuneta se recomienda se acorte a distancias entre 150 m. a 200 m. aproximadamente. Se justifica dicha recomendación con el objetivo de evitar velocidades erosivas.

F. Rugosidad de Cuneta

Según las condiciones adoptadas (excavadas en el terreno), es de vital importancia tener un control de las consecuencias erosivas futuras que se pueden presentar por la velocidad alcanzada por el discurrir de las aguas pluviales en la cuneta. En ese sentido, se optó por una rugosidad de 0.025 representando canales naturales con presencia de vegetación y piedras dispersas en el fondo.

TABLA 42. VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "N" DE MANNING

N	SUPERFICIE
0.010	Muy liza, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal, concreto frotado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo.
0.035	Canales naturales con abundante vegetación.
0.400	Arroyos de montaña con muchas piedras.

Fuente: Manual de Diseño de Obras Hidráulicas – ANA, 2015.

G. Longitudes de Tramo

La longitud de recorrido de los tramos de las cunetas, se encuentran en función de factores como localización de desfuegos naturales, ubicación de

puntos bajos en el perfil de la vía, pendiente del trazo muy pronunciada, caudales de acumulación en un tramo, niveles de precipitación y necesidad de disponer de punto de deposición; por ello, las longitudes tomadas serán diferentes en todo el tramo de la vía.

3.3.3.3. Diseño de alcantarilla

Representan un tipo de obra de drenaje, el cual se estableció en concordancia de los criterios del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC y tomando en consideración la hidrología de la zona en estudio. El presente estudio plantea alcantarillas tipo tubería metálica corrugada.

Para el diseño hidráulico de las alcantarillas se ha tenido en cuenta la función que cumplirá cada una de ellas dentro del proyecto, ya sea como pases a cursos naturales, donde se considera las áreas proporcionales de aportación de las microcuencas según su ubicación dentro del trazo proyectado de la vía, y las que cumplirán función de alivio del agua que trasladan las cunetas, para las que se ha estimado proyectar alcantarillas tipo TMC de dimensiones mínimas de 24” de diámetro. El planteamiento hidráulico de alcantarillas se tuvo en cuenta consideraciones geométricas y climáticas

La ubicación y características de las alcantarillas proyectadas se presentan en el resumen de obras de arte (alcantarillas).

A. Ubicación en Planta

Las ubicaciones de las alcantarillas proyectadas se ubicaron según la exigencia de los cauces naturales, lo cual implica una reducción en la construcción de obras de encauzamiento u otras de acondicionamiento a la entrada y salida.

B. Pendiente Transversal

La pendiente se estimó teniendo en consideración factores como la erosión y sedimentación que podría provocar el colapso de la estructura; motivo por el cual, los cambios de pendiente deben ser abordados cuidadosamente. En tal sentido, se estimó una pendiente de 2%.

C. Tipo y Sección

Los antecedentes refieren que, las secciones más usadas son circulares, rectangulares y cuadradas; asimismo, cada alcantarilla (paso o alivio) se diseñaron en función de los requerimientos hidrológicos y geométricos del proyecto, con el de tamaño lo adecuadamente grande como para desalojar las avenidas de diseño más el despojo que se puedan presentar.

D. Rugosidad de Alcantarilla

Según lo referido en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, en función a tipo de material a utilizar (tubería metálica corrugada), el coeficiente de rugosidad de manning es de 0.025 tomando como referencia lo siguiente:

TABLA 43. VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "N" DE MANNING

TIPO DE CANAL			MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero			
		soldado	0.010	0.012	0.014
		con remaches	0.013	0.016	0.017
		c. Metal corrugado			
		sub - dren	0.017	0.019	0.021
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto			
		Tubo recto y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
		Tubo con curvas, conexiones	0.011	0.013	0.014
		afinado	0.011	0.012	0.014
		Tubo de alcantarillado con cámaras, entradas.	0.013	0.015	0.017
		Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.013	0.014
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.012	0.014	0.016
		Tubo con moldaje madera en bruto	0.015	0.017	0.020
		b. Madera			
		duelas	0.010	0.012	0.014
		laminada y tratada	0.015	0.017	0.020
		c. Albañilería de piedra.	0.018	0.025	0.030
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso			
		sin pintar	0.011	0.012	0.014
		pintado	0.012	0.013	0.017
		b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera			
		Sin tratamiento	0.010	0.012	0.014
		Tratada	0.011	0.012	0.015
		Planchas	0.012	0.015	0.018
		b. Concreto			
		afinado con plana	0.011	0.013	0.015
		afinado con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
		sin afinar	0.014	0.017	0.020
		excavado en roca de buena calidad	0.017	0.020	
		excavado en roca descompuesta	0.022	0.027	
		c. Albañilería			
		piedra con mortero	0.017	0.025	0.030
		piedra sola	0.023	0.032	0.035

C. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme			
		nuevo	0.016	0.018	0.020
		grava	0.022	0.025	0.030
		con algo de vegetación	0.022	0.027	0.033
		b. Tierra, sinuoso			
		sin vegetación	0.023	0.025	0.030
		con malezas y pasto	0.025	0.030	0.033
		maleza tupida, plantas	0.030	0.035	0.040
		fondo pedregoso - malezas.	0.025	0.035	0.040
		c. Roca			
		suave y uniforme	0.025	0.035	0.040
		irregular	0.035	0.040	0.050
		d. Canales sin mantención			
		maleza tupida	0.050	0.080	0.120
		Fondo limpio, bordes con vegetación	0.040	0.050	0.080
D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies			
		rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033
		rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040
		Sinuoso, vegetación y piedras	0.035	0.045	0.050
		Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso	0.045	0.050	0.060
		Abundante vegetación, sinuoso.	0.075	0.100	0.150
		b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos.			
		Árboles y arbustos sumergidos	0.030	0.040	0.050
		Parcialmente en crecidas con piedras y pocas rocas	0.040	0.050	0.070
		grandes rocas y piedras en el fondo.			

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC, 2011.

3.3.3.4. Consideraciones de aliviadero

La función de la infraestructura de alivio es drenar el agua producto de la escorrentía superficial generada por la precipitación y conducirla por debajo de la carretera. El manual del MTC recomienda para zonas lluviosas que las alcantarillas no se separen más de 250 metros. En tal sentido, para las alcantarillas de paso proyectadas en el presente estudio, se utilizó alcantarillas de sección circular, tipo Tubería Metálica Corrugada (TMC).

3.3.3.5. Características morfométricas de las microcuencas

Utilizando la cartografía del IGN e imágenes satelitales, se calcularon las características morfométricas de las principales micro cuencas que interceptan el eje de la vía proyectada.

TABLA 44. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS PRINCIPALES MICRO CUENCAS

Nº	PROGRESIVA	COORDENADAS PROG.		AREA	LONG. CURSO	COTA (msnm)		COORDENADAS CENTROIDE	
	(Km.)	ESTE	NORTE	(Km2)	(Km)	MAX	MINIMA	ESTE	NORTE
1	08+930.71	777425.284	9131425.284	0.209	0.95	3567.00	3197.00	777703.861	9131641.401
2	09+446.06	777726.253	9131030.088	0.383	0.42	3540.00	3258.00	777946.290	9131441.290

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 45. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICRO CUENCAS

Nº	PROGRESIVA	COORDENADAS.		AREA	LONG. CURSO	COTA (msnm)		COORDENADAS CENTROIDE		Tc	S(m/m)
	(Km.)	ESTE	NORTE	(Km2)	(Km)	MAX	MINIMA	ESTE	NORTE		
1	00+568.16	779184.08	9142560.77	0.04	553.43	3550.00	3479.15	778814.68	9142686.94	7.42	0.13
2	00+936.16	779267.23	9142598.68	0.42	574.58	3550.00	3467.78	778823.43	9142692.85	7.61	0.15
3	01+093.33	779194.69	9142731.85	0.05	344.22	3528.41	3466.01	778982.22	9142691.55	4.86	0.18
4	01+253.91	779168.09	9142885.73	0.17	1118.87	3709.08	3466.95	778583.73	9143111.19	10.93	0.22
5	01+672.42	778987.55	9143243.96	0.12	771.98	3723.75	3444.92	778563.72	9143306.84	6.68	0.36
6	01+844.76	778889.71	9143384.28	0.06	421.43	3701.85	3452.03	778538.83	9143495.64	3.83	0.59
7	02+071.95	778829.80	9143592.18	0.03	220.16	3639.91	3472.59	778626.13	9143618.83	2.32	0.76
8	02+194.00	778878.37	9143704.54	0.07	375.79	3750.02	3460.59	778512.99	9143749.89	3.27	0.77
9	02+452.11	778919.82	9143952.83	0.41	1599.25	4004.50	3416.20	778227.77	9144253.01	10.87	0.37
10	04+145.31	779220.94	9145103.57	3.55	4472.74	4250.03	3222.70	777882.06	9146332.35	25.57	0.23
11	04+661.00	779619.33	9145334.90	7.13	4539.74	4250.00	3319.51	779151.00	9147301.98	26.77	0.20
12	04+901.81	779697.68	9145121.88	0.31	983.71	3950.02	3164.84	780310.62	9145499.91	6.16	0.80
13	05+570.92	780132.04	9144399.93	0.08	430.74	3483.76	3095.14	780386.57	9144603.85	3.41	0.90

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.6. Resumen de obras de arte

A. Resumen de resultados para Cunetas:

TABLA 46. CAUDAL DE DISEÑO DE CUNETA

N°	PRECIPITACION		LONGI TUD	TALUD DE CORTE						DRENAJE DE CARPETA DE RODADURA						Q Total
	DESDE	HASTA		ANCHO	AREA	C	Periodo de	Intensidad	Q 1	ANCHO	AREA	C	Periodo de	Intensidad	Q2 (Calzad a)	
				TRIBUTA RIO	TRIBUTA RIO		Retorno	Maxima		TRIBUTARIO	TRIBUTARIO		Retorno	Maxima	m3/seg	
				(km)	(km)			(Km2)		(mm/hora)	m3/seg			(km)		(Km2)	(mm/hora)	m3/seg
1	00+000.00	00+250.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
2	00+250.00	00+500.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
3	00+500.00	00+750.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
4	00+750.00	01+000.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
5	01+000.00	01+190.00	0.19	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0444	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.045
6	01+190.00	01+440.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
7	01+440.00	01+720.00	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
8	01+720.00	02+000.00	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
9	02+000.00	02+221.14	0.22	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0517	0.0035	0.0008	0.20	10	18.70	0.0008	0.052
10	02+221.14	02+471.32	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0585	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
11	02+471.32	02+721.32	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
12	02+721.32	03+000.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0652	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
13	03+000.18	03+280.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
14	03+280.18	03+560.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
15	03+560.18	03+810.18	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
16	03+810.18	04+060.18	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
17	04+060.18	04+320.18	0.26	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0608	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.062
18	04+320.18	04+600.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
19	04+600.18	04+880.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
20	04+880.18	05+130.18	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
21	05+130.18	05+360.85	0.23	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0539	0.0035	0.0008	0.20	10	18.70	0.0008	0.055
22	05+360.85	05+560.85	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047
23	05+560.85	05+760.85	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047
24	05+760.85	05+950.09	0.19	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0442	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.045
25	05+950.09	06+200.09	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059

26	06+200.09	06+400.09	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047
27	06+400.09	06+600.09	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047
28	06+600.09	06+860.09	0.26	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0608	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.062
29	06+860.09	07+110.09	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
30	07+110.09	07+348.54	0.24	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0557	0.0035	0.0008	0.20	10	18.70	0.0009	0.057
31	07+348.54	07+628.54	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
32	07+628.54	07+908.54	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
33	07+908.54	08+158.54	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
34	08+158.54	08+428.54	0.27	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0631	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0010	0.064
35	08+428.54	08+678.54	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
36	08+678.54	08+930.71	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0589	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.060
37	08+930.71	09+180.71	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
38	09+180.71	09+446.06	0.27	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0620	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0010	0.063
39	09+446.06	09+526.61	0.08	0.10	0.01	0.45	10	18.70	0.0188	0.0035	0.0003	0.20	10	18.70	0.0003	0.019

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 47. VERIFICACIÓN DE DISEÑO PARA CUNETAS

RELACIONES GEOMETRICAS										TIPO DE TERRENO		Ecu. De Maning		Máx. Calculado
TRAMOS DE PENDIENTE	TIRANTE	PENDIENTE		AREA	PERIMETRO	RADIO	ESPEJO DE AGUA	BORDE LIBRE	ALTURA	RUGOSIDAD	PENDIENTE DEL TERRENO	VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL (m3/s)
				HIDRAULICA	MOJADO	HIDRAULICO								
PROGRESIVAS	y	Z1	Z2	A	P	R	T	B	H	n	s	V	Q	Q
00+120.00	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0556	2.336	0.315	0.059
00+450.08	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0140	1.171	0.158	0.059
00+935.57	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0214	1.450	0.196	0.059
01+800.75	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0081	0.893	0.121	0.066
02+471.14	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0070	0.827	0.112	0.059
02+819.38	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0029	0.536	0.072	0.066
03+319.50	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0148	1.204	0.162	0.078
03+819.82	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0041	0.633	0.085	0.078
04+119.86	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0324	1.783	0.241	0.066
04+571.36	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0050	0.699	0.094	0.066
04+800.61	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0457	2.117	0.286	0.066
05+360.66	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0019	0.435	0.059	0.055
05+949.90	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0040	0.623	0.084	0.047
06+617.50	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0013	0.362	0.049	0.039
06+859.99	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0435	2.066	0.279	0.062
07+348.44	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0011	0.323	0.044	0.042
07+823.57	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0224	1.484	0.200	0.066
08+418.08	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0156	1.237	0.167	0.060
09+172.28	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0138	1.165	0.157	0.060
09+526.58	0.28	1.00	2.00	0.135	1.095	0.123	1.120	0.05	0.35	0.025	0.0235	1.520	0.205	0.063

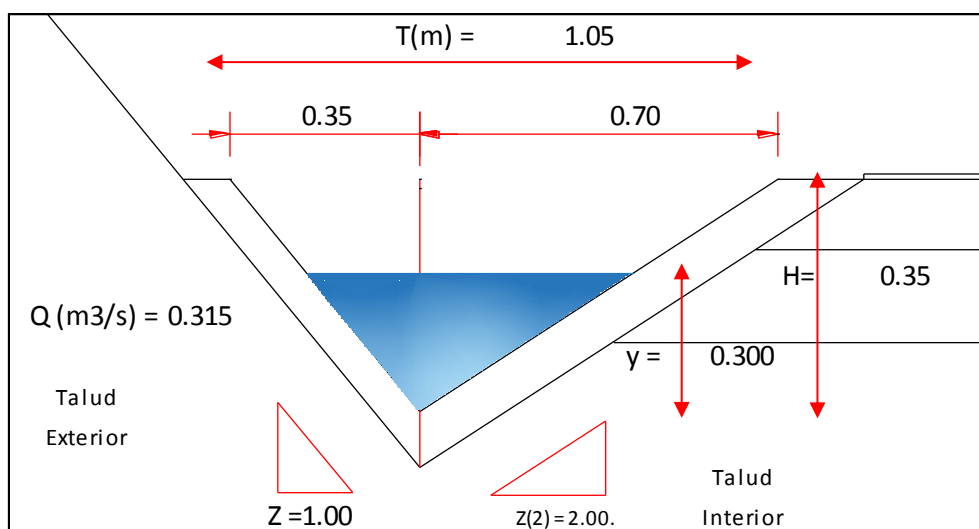
Fuente: Elaboración propia.

TABLA 48. VALORES PARA LA CUNETETA

FORMULAS	BLOQUE (1)	BLOQUE (2)	TOTAL
$AREA = \left(\frac{zy^2}{2}\right) m^2$	0.0450	0.0900	0.1350
$PERIMETRO = \sqrt{(ZY)^2 + Y^2}$	0.4243	0.6708	1.0951

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 7. DISEÑO DE CUNETETA



Fuente: Elaboración propia.

B. Resumen de Resultados para Alcantarillas (alivio)

TABLA 49. RESULTADOS DE DISEÑO PARA ALCANTARILLAS DE ALIVIO

CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO ALCANTARILLAS DE ALIVIO																
N°	PRECIPITACION		LONGITUD	TALUD DE CORTE						DRENAJE DE CARPETA DE RODADURA						Q Total
	DESDE	HASTA		ANCHO	AREA	C	Periodo de	Intensidad	Q 1	ANCHO	AREA	C	Periodo de	Intensidad	Q2 (Calzada)	
				TRIBUTARIO	TRIBUTARIO		Retorno	Maxima		TRIBUTARIO	TRIBUTARIO		Retorno	Maxima		
				(km)	(km)		(Km2)			(mm/hora)	m3/seg		(km)	(Km2)			(mm/hora)	m3/seg	Q1 + Q2 m3/seg
1	00+000.00	00+250.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
2	00+250.00	00+500.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
3	00+500.00	00+750.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
4	00+750.00	01+000.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
5	01+000.00	01+190.00	0.19	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0444	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.045
6	01+190.00	01+440.00	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
7	01+440.00	01+720.00	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
8	01+720.00	02+000.00	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
9	02+000.00	02+221.14	0.22	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0517	0.0035	0.0008	0.20	10	18.70	0.0008	0.052
11	02+471.32	02+721.32	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
12	02+721.32	03+000.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0652	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
13	03+000.18	03+280.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
14	03+280.18	03+560.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
15	03+560.18	03+810.18	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
16	03+810.18	04+060.18	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
17	04+060.18	04+320.18	0.26	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0608	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.062
18	04+320.18	04+600.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
19	04+600.18	04+880.18	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
20	04+880.18	05+130.18	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
21	05+130.18	05+360.85	0.23	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0539	0.0035	0.0008	0.20	10	18.70	0.0008	0.055
22	05+360.85	05+560.85	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047
23	05+560.85	05+760.85	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047
25	05+950.09	06+200.09	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
26	06+200.09	06+400.09	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047
27	06+400.09	06+600.09	0.20	0.10	0.02	0.45	10	18.70	0.0468	0.0035	0.0007	0.20	10	18.70	0.0007	0.047

28	06+600.09	06+860.09	0.26	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0608	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.062
29	06+860.09	07+110.09	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
31	07+348.54	07+628.54	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
32	07+628.54	07+908.54	0.28	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0655	0.0035	0.0010	0.20	10	18.70	0.0010	0.066
33	07+908.54	08+158.54	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
34	08+158.54	08+428.54	0.27	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0631	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0010	0.064
35	08+428.54	08+678.54	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
36	08+678.54	08+930.71	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0589	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.060
37	08+930.71	09+180.71	0.25	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0584	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0009	0.059
38	09+180.71	09+446.06	0.27	0.10	0.03	0.45	10	18.70	0.0620	0.0035	0.0009	0.20	10	18.70	0.0010	0.063
39	09+446.06	09+526.61	0.08	0.10	0.01	0.45	10	18.70	0.0188	0.0035	0.0003	0.20	10	18.70	0.0003	0.019

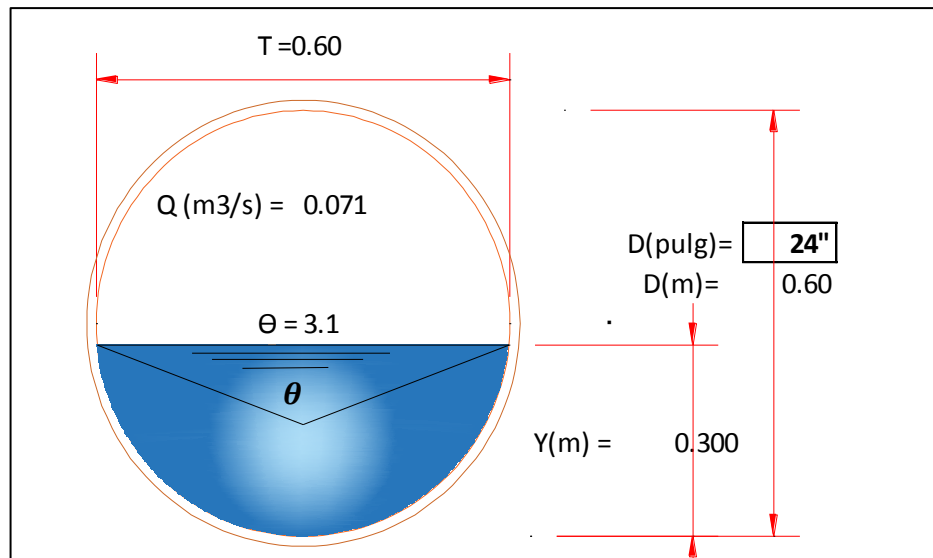
Fuente: Elaboración propia.

TABLA 50. RESULTADOS DE DIÁMETRO PARA ALCANTARILLAS DE ALIVIO

RELACIONES GEOMETRICAS								TIPO DE TERRENO		Ecua. De Maning	Máx. Calculado
SECCION	TIRANTE	ANGULO RAD.	AREA	PERIMETRO	RADIO	ESPEJO DE AGUA	ALTURA	RUGOSIDAD	PENDIENTE TERRENO	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL (m3/s)
			HIDRAULICA	MOJADO	HIDRAULICO						
CIRCULAR	y*	Θ	A	P	R	T	D*	n	s	Q	Q
	0.30	3.142	0.141	0.942	0.150	0.600	0.60	0.025	0.002	0.071	0.066

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8. DISEÑO DE ALCANTARILLA DE ALIVIO (37 UNIDADES)



Fuente: Elaboración propia.

C. Resumen de Resultados para Obras de Arte

TABLE 51. RESULTADOS PARA DISEÑO DE OBRAS DE ARTE

CÁLCULO DE CAUDAL TOTAL PARA DISEÑO DE OBRAS DE ARTE												
Quebrada N°	Progresivas	ESTRUCTURA		Área (Km2)	Obra de drenaje	C	Tc (min)	T (años)	Intensidad (mm/hr)	Caudal Cuencas (m3/s)	Caudal Cunetas (m3/s)	TOTAL (m3/s)
		ESTE	NORTE									
36	08+930.71	777425.2837	777425.2837	0.21	ALC. DE PASO	0.5	9.36	10	48.39	1.41	0.060	1.47
38	09+446.06	777726.2531	9131030.088	0.38	ALC. DE PASO	0.5	4.86	10	48.39	2.58	0.063	2.64

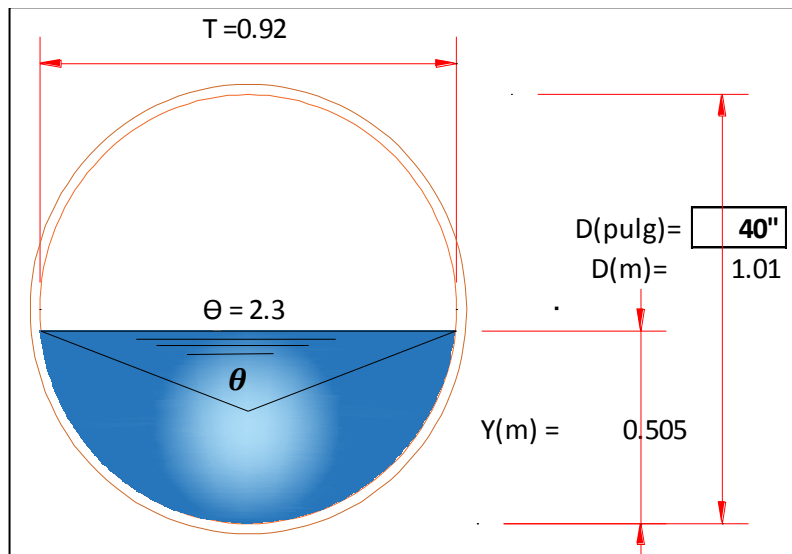
Fuente: Elaboración propia.

TABLE 52. RESULTADOS PARA DISEÑO DE ALCANTARILLA DE PASO

ALCANTARILLAS DE PASO									
N°	PROGRESIVA	Q _{MÁX} Calculado (m ³ /s)	S	n	DIÁMETRO CALCULADO (m)	DIÁMETRO CALCULADO (")	CANTIDAD	DIÁMETRO COMERCIAL (")	DISEÑO
1	08+930.71	1.47	0.02	0.025	1.010	39.8	2.0	40	ok
2	09+446.06	2.64	0.02	0.025	1.250	49.2	1.0	60	ok

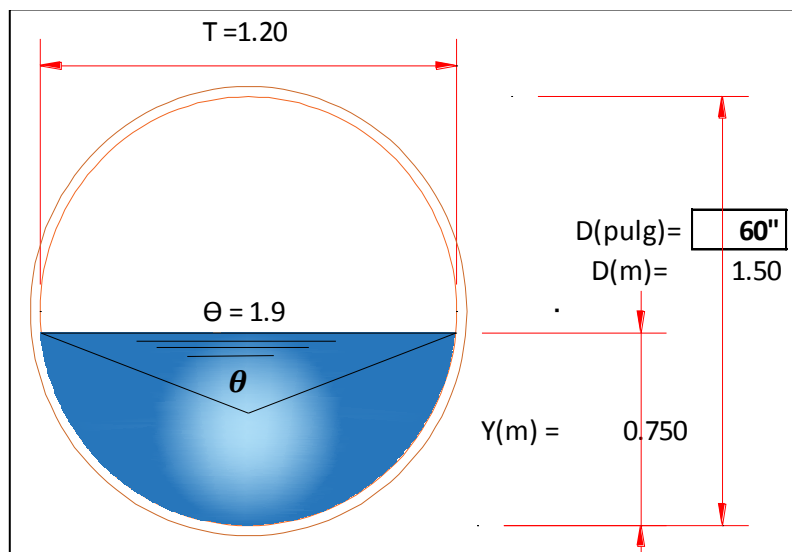
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 9. DISEÑO DE ALCANTARILLA DE PASO (40")



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 10. DISEÑO DE ALCANTARILLA DE PASO (60")



Fuente: Elaboración propia.

3.4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA

3.4.1. Generalidades

El desarrollo sostenible de un país se enmarca en diversos aspectos, siendo uno de los más importante el sistema de transporte y comunicaciones, el cual se tiende a mejorar cada día para obtener condiciones óptimas en el buen funcionamiento vial, ello se logra partiendo del buen diseño de la carretera cumpliendo con los parámetros dados en las normativas nacionales vigentes de los órganos del estado competentes.

El presente capítulo define todos los parámetros a considerar en el diseño geométrico horizontal, vertical y secciones típicas para el proyecto: **“DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS – SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD”**.

3.4.2. Normatividad

Los lineamientos que sigue el presente capítulo están contemplados en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018) del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

3.4.3. Clasificación de las carreteras

Las vías del Perú son clasificadas en base a su orografía y demanda vehicular que se estipulan en la normatividad vigente.

3.4.3.1. Clasificación por demanda

Dada la demanda de tráfico en la vía, esta se define como una carretera de TERCERA CLASE, dado que el Manual DG-2018 expresa que: “Son vías con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de una anchura mínima de 3.00 m. De manera excepcional estas vías pueden poseer carriles hasta de 2.50 m, teniendo el sustento técnico respectivo”.

3.4.3.2. Clasificación por su orografía

De acuerdo con el levantamiento topográfico y el trabajo de gabinete que se realizó en la superficie del tramo que comprende la carretera en estudio, esta se define según Manual DG-2018 como un TERRENO ACCIDENTADO (Tipo 3),

con pendientes transversales al eje de la carretera entre 51% y 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%.

Para definir las características y el diseño de una carretera es imprescindible conocer los volúmenes de tráfico pasantes en la vía, así mismo elegir el vehículo que se tomará como el de diseño. Estos datos nos proporcionan gran parte de las características del diseño geométrico, por ello se realizó un paréntesis para dar apertura al estudio de tráfico el cual se presenta a continuación.

3.4.4. Estudio de tráfico

3.4.4.1. Generalidades

Para realizar el diseño de la obra vial en estudio se necesita los parámetros para la cuantificación del nivel de tráfico existente. Se tomó una base para una proyección la cual es el tráfico anual y se determina mediante una tasa de crecimiento que depende de la estimación aproximada de los beneficios de la obra y su debido impacto que tiene en la zona de estudio. El estudio de tráfico se realizó para este efecto. El método que se uso fue el conteo de tráfico y clasificación vehicular en una estación (E1), establecida por los tesisas conjuntamente con Provías Nacional. Para dicha estación se realizó el de 7 días durante 24 horas. Los conteos proporcionaron información sobre la cantidad y estructura de tráfico actual.

3.4.4.2. Conteo y clasificación vehicular

A. Estaciones de conteo.

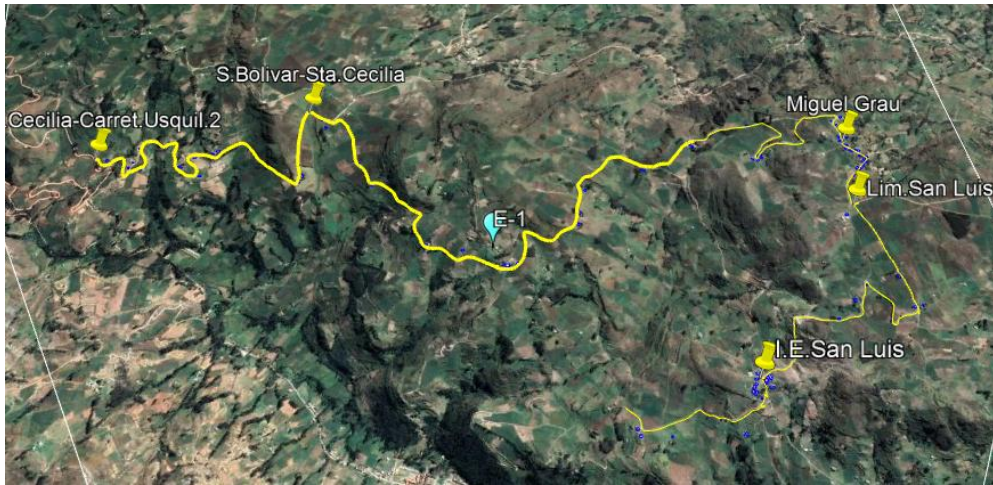
En el presente estudio se consideró una sola estación para realizar el conteo vehicular en todo el tramo, debido a que existe un solo eje que une a 4 localidades, ubicada en el tramo Miguel Grau-Simon Bolivar.

TABLA 53. EST.CONTEO DE VEHÍCULOS

TIPO	COD.	ESTACIÓN	TRAMO	UBICACIÓN	FECHA DE ESTUDIO
Estación	ESB-01	Estación Simón Bolívar	Miguel Grau-Simón Bolívar	Progresiva: 05 + 250 Km. Aprox. TRAMO EXISTENTE	22 de junio 2019 al 29 de junio 2019

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 11. UBICACIÓN DE ESTACIÓN ESB-01






Fuente: Google earth.

B. Clasificación Vehicular

El MTC nos detalla una clasificación vehicular, diferenciando así los vehículos ligeros y pesados. Basándose en ello y para materia del presente proyecto se expondrá solamente los contemplados en el tramo, detallados a continuación:

➤ VEHICULOS LIGEROS EN LA ZONA

FIGURA 12. UBICACIÓN DE ESTACIÓN ESB-01

VEHÍCULO LIGERO	AUTO	
	CAMIONETA	
	MINIVAN	

Fuente: MTC.

➤ VEHICULOS PESADOS EN LA ZONA

FIGURA 13. UBICACIÓN DE ESTACIÓN ESB-01

VEHÍCULO PESADO	OMNIBUS 2E	
	CAMION 2E	

Fuente: MTC.

3.4.4.3. Metodología

En primer lugar, se realizó la recolección e investigación de la información de oficial; tales como estudios definitivos y manuales del MTC referidos al desarrollo de este capítulo, datos estadísticos del portal INEI, resoluciones ministeriales en específico la RM-633-2018 MTC/01. Así mismo el otro aspecto es de fuente directa o elaboración propia, la cual se desarrolló en campo mediante el conteo, encuestas y registros.

Los trabajos en gabinete nos arrojan los siguientes resultados:

- Volumen del Tráfico
- IMDa Promedio Anual
- Valor proyectado durante vida útil
- Factor de crecimiento Acumulado (Fca)
- Factores de Direccional (Fd) y Factor Carril (Fc)
- Factor Vehículo Pesado (Fvp)
- Factor de Ajuste por Presión de Neumáticos
- Ejes Equivalentes

3.4.4.4. Procesamiento de la información

Los datos recopilados de campo mediante los formatos autorizados por el MTC para el conteo vehicular perteneciente al estudio de tráfico en la zona de estudio se procesan en formatos de Excel adquiridos en el curso de Pavimentos, digitalizando el número de vehículos pasantes por el tramo en base a los días, dirección, tipo de vehículo y hora.

3.4.4.5. Determinación del índice medio diario (IMD)

Según el Manual de Carreteras: Diseño de Geométrico 2018, “Representa la media aritmética de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la carretera”

La carretera en estudio recorre los caseríos de San Luis, pasando por la localidad de Miguel Grau y Simón Bolívar hasta llegar a la localidad final de Santa, el cual se diseñará para un volumen de tránsito perteneciente a la carretera en cuestión, donde se realizó previo a esto la demanda diaria promedio a servir de las

localidades a través del conteo vehicular y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, que nos determina el MTC para diversas zonas del país.

Para esto el MTC nos brinda la siguiente fórmula para el cálculo del Índice medio anual:

Fórmula para hallar el IMDa

$$IMD_a = IMD_s \times FC$$

IMD_a = Índice medio anual

IMD_s = Índice medio Diario de cada uno de los días de conteo

FC = Factores de Corrección según mes de estudio

Para hallar el índice medio diario, la misma entidad fórmula de conteo de vehículos por 7 días:

Fórmula para hallar e IMDs:

$$IMD_s = \left(\frac{V_{lun} + V_{mar} + V_{mie} + V_{jue} + V_{vie} + V_{sab} + V_{dom}}{7} \right)$$

Dónde:

$V_{(L,M,X,J,V)}$

= Vol. clasificado día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes)

V_{sab} = Volumen clasificado de sábado

V_{dom} = Volumen clasificado del domingo

3.4.4.6. Determinación del factor de corrección

El factor de corrección estacional se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de peaje, con finalidad de hacer la respectiva corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de las variaciones estacionales debido a factores recreacionales, climatológicos, las épocas de cosechas, las festividades, las variaciones escolares, viajes diversos, etc.

Para el presente proyecto, se obtuvo el factor de corrección mediante la Resolución Ministerial 633-2018 MTC/01 la cual expone en su contenido los

factores de corrección mensuales para vehículos ligeros y pesados promediados desde el año 2010 hasta el 2016 de los distintos peajes a lo largo del litoral peruano.

Para el estudio se asumirá un factor de corrección determinado a continuación:

TABLA 54. F.C. VEHÍCULOS PROMEDIO 2010-2016

PEAJE DE MENOCUCHO - LA LIBERTAD			
F.C.E	VEHÍCULO LIGEROS	=	1.0349
F.C.E	VEHÍCULO PESADOS	=	0.9978

Fuente: RM 633-2018 MTC/01 – Lima, 09 de agosto del 2018


















3.4.4.7. Resultados del conteo vehicular

A. Estación Principal / ESB-01: Miguel Grau – Simón Bolívar

La estación ESB-01 está ubicado en el centro del tramo Miguel Grau-Simón Bolívar de la carretera en, donde se realizó el conteo de vehículos durante 7 días (lunes - domingo) de forma directa con un intervalo de horario de 8:00am hasta las 09:00pm.


















A continuación, se presentan los formatos de resumen semanal de entrada, salida y total.

TABLA 55. ENTRADA / ESB-01

Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
Diag. vehicular																			
07-08	4	6	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	17.31
08-09	1	4	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11.54
09-10	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5.77
10-11	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6.73
11-12	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3.85
12-13	2	3	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	12.50
13-14	1	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	8.65
14-15	4	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	9.62
15-16	1	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7.69
16-17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1.92
17-18	0	4	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7.69
18-19	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2.88
19-20	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3.85
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TOTAL	20	36	16	0	11	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	100.00
%	19.23	34.62	15.38	0.00	10.58	0.00	20.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	


















Fuente: Formatos Curso de Pavimento – Ing. Horna Araujo.

TABLA 56. SALIDA / ESB-01

Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC %
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
Diag. vehicular																			
07-08	1	4	5	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	16.19
08-09	5	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	8.57
09-10	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6.67
10-11	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6.67
11-12	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3.81
12-13	4	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	8.57
13-14	1	9	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	15.24
14-15	4	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	9.52
15-16	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5.71
16-17	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1.90
17-18	0	6	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	9.52
18-19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2.86
19-20	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4.76
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TOTAL	23	35	16	0	10	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	100.00
%	21.90	33.33	15.24	0.00	9.52	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

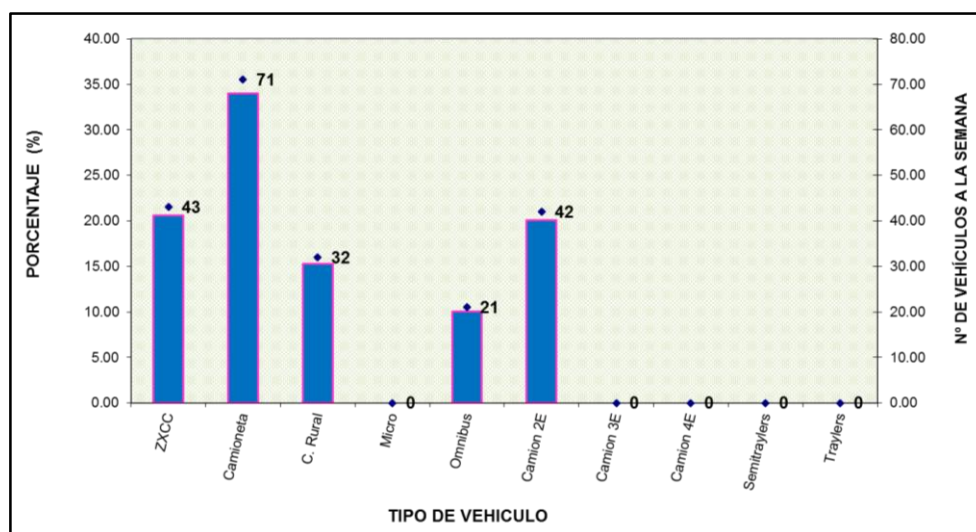
Fuente: Formatos Curso de Pavimento – Ing. Horna Araujo.

TABLA 57. RESUMEN SEMANAL (TOTAL) / CV-01

Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
Diag. vehicular																			
07-08	5	10	8	0	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	16.75
08-09	6	7	2	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	10.05
09-10	3	4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	6.22
10-11	4	4	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	6.70
11-12	0	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3.83
12-13	6	4	4	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	10.53
13-14	2	14	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	11.96
14-15	8	1	5	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	9.57
15-16	2	7	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	6.70
16-17	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.91
17-18	0	10	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	8.61
18-19	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2.87
19-20	0	6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4.31
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TOTAL	43	71	32	0	21	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	100.00
%	20.57	33.97	15.31	0.00	10.05	0.00	20.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

Fuente: Formatos Curso de Pavimento – Ing. Horna Araujo.

FIGURA 14. CONTEO VS TIPO DE VEHÍCULO / SEMANAL




















Fuente: Formatos Curso de Pavimento – Ing. Horna Araujo.

3.4.4.8. IMDA por estación

El cálculo del Índice Medio Diario Anual se obtuvo multiplicado el tránsito promedio diario semanal (IMDS) por el factor de corrección correspondiente al mes del conteo vehicular, para el presente proyecto mes de mayo. Como resultado de ello tenemos un flujo vehicular de 32 veh/día, sustentado en los siguientes cuadros y gráficos.

TABLA 59. TIPO DE VEHÍCULO VS DÍA – TOTAL SEMANAL

DÍA	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	UND
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
T.VEHÍCULO																			
MIÉRCOLES	6	9	4	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	VEH/DÍA
JUEVES	5	10	4	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	VEH/DÍA
VIERNES	9	11	4	0	6	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	VEH/DÍA
SABADO	8	12	4	0	4	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	VEH/DÍA
DOMINGO	5	9	8	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	VEH/DÍA
LUNES	6	11	4	0	4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	VEH/DÍA
MARTES	4	9	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	VEH/DÍA
TOTAL	43	71	32	0	21	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	
%	20.57	33.97	15.31	0.00	10.05	0.00	20.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

Fuente: Formatos Curso de Pavimento – Ing. Horna Araujo / Modificado.

TABLA 58. INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL - IMDS

IMDs / T.VEHÍCULO	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	UND
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
PROMEDIO TOTAL	6.14	10.14	4.57	0.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.86	VEH/DÍA

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 60. INDICE MEDIO DIARIO ANUAL - IMDA

IMDs / T.VEHÍCULO	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	UND
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
PROMEDIO TOTAL	6.14	10.14	4.57	0.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.86	VEH/DÍA
PROMEDIO RED. TOTAL	7.00	11.00	5.00	0.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	VEH/DÍA

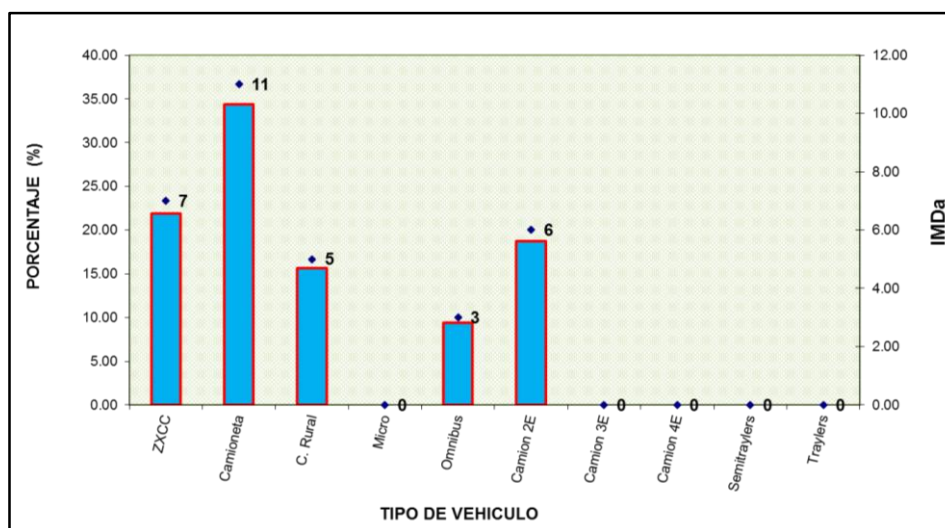
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 61. ANÁLISIS DE DEMANDA

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	7	21.88
Camioneta	11	34.38
Camioneta Rural	5	15.63
Micro	0	0.00
Omnibus - 2E	3	9.38
Camión - 2E	6	18.75
IMD	32	100.00

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 15. IMDA VS T. VEHÍCULO



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.4.9. Proyección de tráfico

La metodología para proyectar el tráfico futuro de vehículos de pasajeros y de carga, se fundamenta en la proyección de los indicadores macroeconómicos que en el presente caso corresponde a la población, Per Cápita para vehículos ligeros y Producto Bruto Interno para vehículos pesados. Así mismo el horizonte de análisis que se consideró fue de 10 años.

Según Resolución Ministerial 633-2018 MTC/01, presenta los siguientes indicadores macro-económicos correspondientes a cada departamento.

FIGURA 17. V. LIGERO

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros	
	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca	0.57%
Callao	1.56%
Cusco	0.75%
Huancavelica	0.83%
Huánuco	0.91%
Ica	1.15%
Junín	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima Metropolitana	1.45%
Loreto	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	1.08%
Pasco	0.84%
Piura	0.87%
Puno	0.92%
San Martín	1.49%
Tacna	1.50%
Tumbes	1.58%
Ucayali	1.51%

Fuente: MTC.

FIGURA 16. V. PESADO

Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca	1.29%
Cusco	4.43%
Huancavelica	2.33%
Huánuco	3.85%
Ica	3.54%
Junín	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima Metropolitana	3.69%
Loreto	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.27%
Pasco	0.36%
Piura	3.23%
Puno	3.21%
San Martín	3.84%
Tacna	2.88%
Tumbes	2.60%
Ucayali	2.77%

Fuente: MTC.

Sé determino 1.26% y 2.83% para vehículos ligeros y pesados respectivamente, correspondientes al Departamento La Libertad.

3.4.4.10. Tráfico generado

Se denomina tráfico generado, al tráfico inducido por la ejecución del proyecto, debido al desarrollo económico de la región, consecuencia de las mejoras en las condiciones de la vía.

En el presente estudio se consideró un 15% de tráfico a generar con respecto al normal, por tratarse del mejoramiento de los centros poblados Pallar Alto - Lluchupata, los cuales cuentan con tierras aptas para la agricultura que pueden incrementarse en el futuro, de ser posible la accesibilidad vial.

3.4.4.11. Tráfico total

El tráfico total es la suma del tráfico normal y el tráfico generado. Para el cálculo del tráfico futuro se utilizó la siguiente formula:

$$T_n = T_0(1 + r)^{(p)}$$

Dónde:

T_n : *Tránsito Proyectado al año n en veh/día*

T_o : *Tránsito Actual (año base) en veh/día*

p : *Número de años del período de diseño*

r : *Tasa Anual de Crecimiento de Tránsito*

Los resultados de la proyección del tráfico to tal por periodos y por tipo de vehículos se muestran en el cuadro siguiente.

TABLA 62. PROYECCIÓN DE TRÁFICO


















Tramo	MIGUEL GRAU - SIMON BOLIVAR
Cod Estación	CV-01
Estación	ESTACION SIMON BOLIVAR

Ubicación	Progresiva : 05 + 250 Km. Aprox. del Tramo de Actual
Sentido	SIMON BOLIVAR - MIGUEL GRAU (Entrada)

FUENTE: RESOLUCIÓN MINISTERIAL 633-2018 MTC/01 - Lima, 09 de agosto de 2018

VEHICULO	LIGERO	PESADO
TASAS DE CRECIMIENTO	1.26%	2.83%
CARÁCTER	TC	PBI

	Rehabilitación	Mejoramiento
Porcentaje - Tráfico Proyectado	10.00%	15.00%

Año	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS													TRAFICO PROYECT.	TRAFICO GENERADO	IMDa TOTAL
	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers						
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
Diag. vehicular																				
2018	7.00	11.00	5.00	0.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	5.00	37.00
2019	7.00	11.00	5.00	0.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	5.00	37.00
2020	7.00	11.00	5.00	0.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	5.00	37.00
2021	7.00	11.00	5.00	0.00	3.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.00	5.00	38.00
2022	7.00	12.00	5.00	0.00	3.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.00	5.00	39.00
2023	7.00	12.00	5.00	0.00	3.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.00	5.00	39.00
2024	8.00	12.00	5.00	0.00	4.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	5.00	41.00
2025	8.00	12.00	5.00	0.00	4.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	5.00	41.00
2026	8.00	12.00	6.00	0.00	4.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	6.00	44.00
2027	8.00	12.00	6.00	0.00	4.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	6.00	44.00
2028	8.00	12.00	6.00	0.00	4.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	6.00	44.00

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.4.12. Cálculo de ejes equivalentes

Procesada la información en la fórmula para calcular el tráfico, se halla la cantidad de repeticiones de carga por cada tipo de vehículo.

Para el presente caso se tiene una sola estación de conteo vehicular, ubicado en el Cruce Pallar Alto - Huachachal, de la cual se consideran todos los datos característicos de la vía que integran la fórmula del cálculo.

Con el fin de determinar el número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn. en el período de diseño, se utilizará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos considerados:

$$Nrep\ de\ EE_{8.2\ Tn} = \sum [EE_{día-carril} \times Fca \times 365]$$

Dónde:

TABLA 63. CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn
EE día-carril	<p>EE día-carril= Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional. Por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:</p> $EE\ día - carril = IMD_{pi} \times Fd \times Fe \times Fv_{pi} \times F_{pi}$ <p>donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ IMD_{pi}: corresponde al índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i) ✓ Fd: Factor Direccional. ✓ Fe: Factor Carril de diseño. ✓ Fv_{pi}: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o cardón), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.

	✓ <i>Fp</i> : Factor de Presión de neumáticos.
<i>Fca</i>	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Fuente: MTC. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos 2014.

De acuerdo con lo citado anteriormente y tomando en consideración los criterios de diseño, se obtienen los siguientes resultados para la carretera proyectada:

TABLA 64. NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES 8.2 TN

TIPO DE VEHÍCULO	TRAFICO ACTUAL	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRAFICO DE DISEÑO	FACTOR VEHÍCULO	EE	FACTOR DIRECCIÓN	FACTOR CARRIL	Nrep de EE 8.2 tn
	T_a	$F_c = \frac{[(1+t)^n - 1]}{t}$	$T_d = T_a \times F_c \times 365$	F_v	$EE = T_d \times F_v$	F_d	F_c	$N_{rep} \text{ de EE } 8.2 \text{ tn} = EE \times F_d \times F_c$
VEHÍCULOS LIGEROS								
	$t = 1.26\%$							
AUTOMOVIL	7	10.59	27057	0.0027	73	0.50	1.00	37
CAMIONETA	11	10.59	42519	0.0427	1816	0.50	1.00	908
CAMIONETA RURAL	5	10.59	19327	0.0427	825	0.50	1.00	413
MICROBUS	0	10.59	0	0.1194	0	0.50	1.00	0
VEHÍCULOS PESADOS								
	$t = 2.83\%$							
OMNIBUS 2E (B2)	3	11.37	12450	4.5037	56071	0.50	1.00	28036
OMNIBUS 3E	0	11.37	0	0.0000	0	0.50	1.00	0
CAMION 2E (C2)	6	11.37	24900	3.4772	86582	0.50	1.00	43291
CAMION 3E (C3)	0	11.37	0	2.5260	0	0.50	1.00	0
CAMION 4E	0	11.37	0	0.0000	0	0.50	1.00	0
SEMI TRAYLERS	0	11.37	0	1.3731	0	0.50	1.00	0
TRAYLERS	0	11.37	0	0.0000	0	0.50	1.00	0
PERIODO DE DISEÑO (n)	10 AÑOS							72684

Fuente: Elaboración propia

3.4.4.13. Clasificación de vehículo

Haciendo referencia del gráfico IMDa vs Tipo de Vehículo y análisis de demanda por tipo de vehículo desarrollado anteriormente en este capítulo, podemos apreciar que el camión de dos ejes conocido como C2 tiene predominio tanto en tránsito y peso vehicular. En tal sentido para el proyecto se adjudicó como el vehículo de diseño, el cual se presenta a continuación:

TABLA 65. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHÍCULOS						LONGITUD MÁXIMA	
CAMION E2 (C2)							12.30	
EE SEGÚN TABLA	$EEs1 = (P/6.6)^4$	$EEs2 = (P/8.2)^4$						
EJES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
CARGA SEGÚN CENSO DE CARGA (TON)	7.00	10.00						
TIPO DE EJE	EJE SIMPLE	EJE SIMPLE						
TIPO DE RUEDA	RUEDA SIMPLE	RUEDA DOBLE						TOTAL FACTOR
PESO	7.00	10.00						3.4772
FACTOR EE	1.2654	2.2118						

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.5. Parámetros básicos para el diseño en zona rural

3.4.5.1. Índice medio diario anual (IMDA)

Según el estudio de tráfico desarrollado anteriormente tenemos un IMDA de 32 veh/días totales entre pesados y ligeros. A continuación, se presenta el IMDA por sentido y tipo de vehículo.

TABLE 66. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR SENTIDO Y TIPO DE VEHÍCULO, SEGÚN TRAMO EN VALORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS

TRAMO	UBICACIÓN DE CONTEO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO										
					AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2 E	OMNIBUS 3 E	CAMION 2E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMI TRAYLERS	TRAYLERS
MIGUEL GRAU - SIMON BOLIVAR	Progresiva : 05 + 250 Km. Aprox. del Tramo de Actual	CV-01	E	15	3	5	3	-	1	-	3	-	-	-	-
			S	17	4	6	2	-	2	-	3	-	-	-	-
			E + S	32	7	11	5	-	3	-	6	-	-	-	-
			%	100.0	21.88	34.38	15.63	0.00	9.38	0.00	18.75	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.5.2. Velocidad de diseño

Conforme al manual DG 2018, “La velocidad de diseño escogida será la máxima que se logrará mantener con seguridad sobre una sección definitiva de la carretera, cuando los escenarios sean propicios para que predominen las condiciones de diseño.”

Igualmente establece que la elección de la velocidad directriz obedece a la importancia o categoría de la futura carretera, de los volúmenes de tráfico pasantes, de la configuración topográfica del terreno, de los usos de la tierra, del servicio que proyecte ofrecer, de las consideraciones ambientales, de la homogeneidad a lo largo de la carretera de las facilidades de acceso (control de accesos), de la disponibilidad de recursos económicos y de las facilidades de financiamiento. A continuación, se muestra en la tabla los rangos de velocidad en función a la clasificación de la carretera.

FIGURA 18. VELOCIDAD DE DISEÑO

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.5.3. Radios mínimos

Son los menores radios de curvatura que pueden recorrerse con la velocidad de diseño establecida, considerando a su vez la tasa máxima de peralte, en condiciones de confort y seguridad óptimas. Para el cálculo de los radios mínimos se utiliza la siguiente formula:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

TABLA 67. RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS PARA DISEÑO DE CARRETERAS

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (accidentada o escapada)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,10	0,08	665,4	665

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

El radio mínimo para utilizar en el diseño en planta es de 25 m, así mismo se establece a su vez un peralte máximo de 12% y un coeficiente de fricción igual a 0.17.

3.4.5.4. Anchos mínimos de calzada en tangente

El ancho mínimo de calzada hace referencia a la longitud transversal destinada para la circulación de los vehículos y a su vez este se compone de cierto número de carriles.

Para el presente estudio se ha fijado utilizar un ancho de calzada de 6.00 m. fundamentado en tabla siguiente del manual DG-2018.

TABLA 68. ANCHOS MÍNIMOS DE CALZADA EN TANGENTE

Clasificación	Carretera			
Tráfico vehículo/ día	< 400			
Tipo	Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4
Velocidad de diseño:				
30 km/h			6.00	6.00
40 km/h	6.60	6.60	6.00	
50 km/h	6.60	6.60	6.00	
60 km/h	6.60	6.60		
70 km/h	6.60	6.60		
80 km/h	6.60	6.60		

90 km/h	6.60	6.60		
100 km/h				
110 km/h				
120 km/h				
130 km/h				

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

Longitud de visión que tiene el conductor del vehículo en marcha para poder ejecutar con seguridad maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar.

Para el proyecto se considera la visibilidad de parada y paso o adelantamiento.

3.4.5.5. Distancia de visibilidad

Longitud de visión que tiene el conductor del vehículo en marcha para poder ejecutar con seguridad maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar.

Para el proyecto se considera la visibilidad de parada y paso o adelantamiento.

A. Distancia de visibilidad de parada (Dp)

Es la mínima exigida que permite al vehículo detenerse cuando recorre la vía a una velocidad de diseño, antes de que llegue un objeto inmóvil que se encuentra en su trayecto. Se obtiene teniendo en cuenta la longitud de percepción, reacción y la distancia de frenado del vehículo. Por ello en todos los puntos de la carretera la visibilidad debe ser mayor o igual a la distancia de visibilidad de parada considerando los siguientes valores a continuación:

TABLE 69. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA CON PENDIENTE (METROS).

Velocidad de diseño (Km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente de subida	
	3%	6%	9%	3%	6%
20	20	20	20	19	18
30	35	35	35	31	30
40	50	50	53	45	44
50	66	70	74	61	59
60	87	92	97	80	77
70	110	116	124	100	97
80	136	144	154	123	118
90	164	174	187	148	141
100	194	207	223	174	167
110	227	243	262	203	194

120	283	293	304	234	223
130	310	338	375	267	252

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

B. Distancia de visibilidad de paso (Do)

Se considera a la mínima distancia que permite al conductor del vehículo, a sobrepasar a otro que viaja con una velocidad inferior, con comodidad y seguridad, no causando el caos para un tercer conductor que viaja en dirección contraria y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. En el cuadro a continuación se muestra las mínimas distancias requeridas:

TABLA 70. MÍNIMA DO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES DOS SENTIDOS

ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA B(Km/h)	DEL VEHÍCULO ADELANTADO O (Km/h)	DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (Km/h)	VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO Da (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

Para el proyecto podemos deducir del cuadro presentado que la distancia de visibilidad para adelantar (Do) es de 200 metros, siendo la velocidad del vehículo adelantado y el que adelanta, de 29 y 44 km/h respectivamente. Ello corresponde a una velocidad de diseño de 30 km/h.

3.4.6. Diseño geométrico en planta

Se le consigna el nombre de alineamiento horizontal, siendo parte de esto los alineamientos rectos, curvas circulares, curvas de grado variable. El buen diseño de estos elementos permite que la operación de los vehículos no sea interrumpida en las transiciones de tramos rectos a curvos, conservando la velocidad de diseño.

3.4.6.1. Generalidades

En carreteras de tercera clase como es el caso, se deben evitar tramos con alineamientos extensivamente largos. También se deben sustituir grandes alineamientos por curvas de grandes radios.

Se deberá tomar en consideración curvas horizontales siempre que la deflexión supere los valores establecidos en la siguiente tabla la cual está contemplada en el Manual DG-2018.

TABLA 71. DEFLEXIONES MÁXIMAS EN CURVAS HORIZONTALES

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2°30'
40	2°15'
50	1°50'
60	1°30'
70	1°20'
80	1°10'

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.6.2. Tramos en tangente

El siguiente cuadro expresa las longitudes mínimas admisibles y máximas que se desean obtener de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, para el presente estudio se establecen 42 metros de longitud mínima en tangentes para trazos de curvas en “S”.

TABLA 72. LONGITUDES DE TRAMOS EN TANGENTES

V (Km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.6.3. Curvas circulares

Las curvas horizontales circulares simples con arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales

A. ELEMENTOS DE CURVA

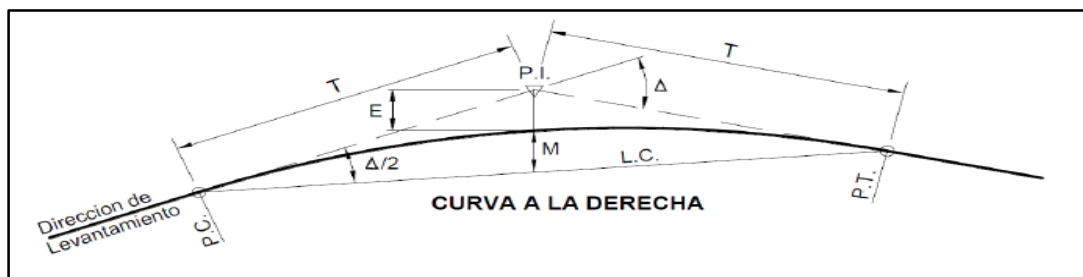
Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se presentan, deben ser utilizadas tal cual sin ningún cambio alguno.

TABLA 73. ELEMENTOS DE CURVA – NOMNECLATURA

Nomenclatura	Descripción
P.C.	Punto de inicio de la curva
P.I.	Punto de intersección de 2 alineaciones consecutivas
P.T.	Punto de tangencia
E	Distancia externa (m)
M	Distancia de la ordenada media (m)
R	Longitud de radio de la curva (m)
T	Longitud de la subtangente (P.C. P.I. y P.I. a P.T.) (m)
L	Longitud de curva (m)
L.C.	Longitud de la cuerda (m)
Δ	Angulo de deflexion ($^{\circ}$)
ρ	Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada (%)
Sa	Sobreechancho (m)

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

FIGURA 19. ELEMENTO DE CURVA



Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

B. RADIOS MÍNIMOS

Son los menores radios que consiguen recorrerse con la velocidad de diseño y el peralte máximo, en condiciones admisibles de seguridad y confort. Se calculan de la siguiente manera:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(P_{max} + f_{max})}$$

Dónde:

Rmin : Radio mínimo.

V : Velocidad de diseño.

Pmax : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

Fmax : Coeficiente de fricción transversal máximo.

El manual de DG-2018 nos proporciona cuadros con los respectivos cálculos del radio mínimo, de acuerdo con el tipo de terreno y datos de la formula anteriormente expuesta.

TABLA 74. RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÀXIMOS

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (accidentada o escapada)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,10	0,08	665,4	665

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.6.4. Curvas de transición

Llamados también espirales los cuales evitan las dificultades de la curvatura en el trazo, creando una transición tangente-curva tanto en la entrada como salida del cambio de orientación del diseño. De igual forma permite pasar de la sección transversal con bombeo a la sección de los tramos en curva asignados de peralte y sobreancho. El cálculo de la longitud de curva en espiral se sustenta con la ecuación de la clotoide (Euler), que según el Manual DG-2018 se halla de la siguiente manera.

$$RL = A^2$$

Dónde:

R : radio de curvatura en un punto cualquiera.

L : Longitud de la curva entre su punto de inflexión .

A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma.

Para obtener el parámetro Amin de la ecuación se emplea la siguiente fórmula y tabla establecidas en la DG-2018.

$$A_{min} = \sqrt{\frac{V * R}{46.656 * J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27 * P \right)}$$

Siendo:

V: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio de curvatura (m)

J: Variación uniforme de la aceleración (m/s³) - Ver tabla de “J” según Velocidades

P: Peralte correspondiente a V y R. (%)

TABLA 75. VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN TRANSVERSAL POR UND. DE TIEMPO

V (Km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s ³)	0.5	0.4	0.4	0.4
J _{máx} (m/s ³)	0.7	0.8	0.5	0.4

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

El cálculo de la longitud mínima de transición (L_{min}) para este tipo de elemento se realiza la siguiente operación:

$$L_{min} = \frac{V}{46.656 * J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27 * P \right)$$

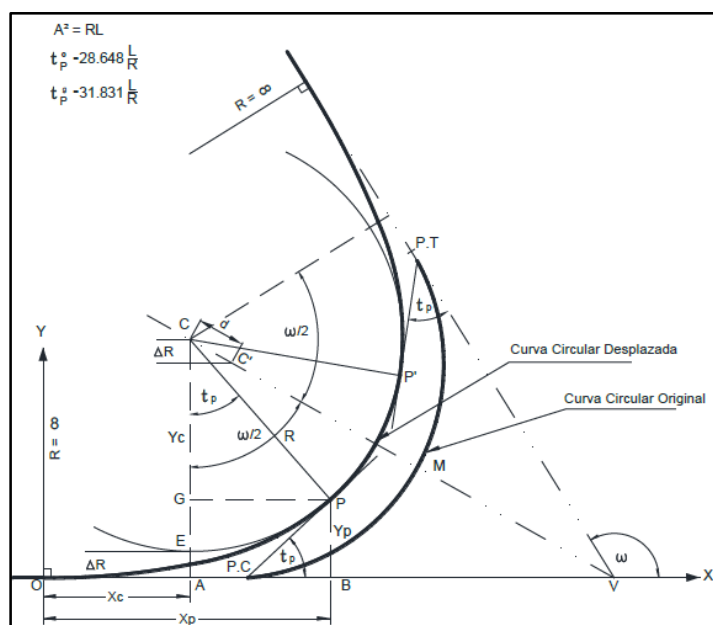
En el Manual DG-2018, podemos ver la tabla de longitudes mínimas de curva de transición para velocidades desde 30 km/h hasta 130km/h y con porcentajes de peraltes máximos pares desde 2% hasta 12%. A continuación, solo se detalla las longitudes mínimas solo para la velocidad del proyecto que corresponde a 30km/h.

TABLA 76. LONGITUD MÍNIMA DE CURVA DE TRANSICIÓN

Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s3	Peralte máx. %	A mín. m2	Longitud de Transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

FIGURA 20. ELEMENTOS DE CURVA EN TRANSICIÓN – CURVA



Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

Se puede prescindir de las curvas en transición, en el caso de carreteras de Tercera Clase, cuando la longitud de los radios de las curvas horizontales supere a los estipulados en el Manual DG-2018, los mismo que se exponen a continuación:

TABLA 77. RADIOS QUE PERMITEN PRESCINDIR DE LA CURVA DE TRANSICIÓN EN CARRETERAS DE TERCERA CLASE

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95

50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.6.5. Curvas de vuelta

Son curvas que se diseñan para salvar desniveles en el trazo y poder llegar a cotas mayores, pero sin sobrepasar la pendiente máxima. Trivialmente se desarrollan en terrenos de topografía accidentada o escarpada.

Se debe tener muy en cuenta el radio interior y radio exterior de curva, el cual está en función al vehículo de diseño. Para el caso del proyecto Camión C2.

TABLA 78. RADIOS EXTERIOR MÍNIMO CORRESPONDIENTE A UN RADIO INTERIOR Y ADOPTADO

Radio Interior R1 (m)	Radio exterior mínimo Re (m) - C2
6,0	15,75
7,0	16,59
8,0	17,25
10,0	18,75
12,0	20,50
15,0	23,25
20,0	28,0

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.7. Diseño geométrico en perfil

También es llamado alineamiento vertical, según la DG-2018 “queda compuesto por una sucesión de rectas conectadas por curvas verticales parabólicas, a las que estas rectas son tangentes; y en su desarrollo, el sentido de las pendientes queda definido de acuerdo al desarrollo del kilometraje, positivos, aquellos que involucran un acrecentamiento de cotas y negativas las que causan una disminución de niveles”.

3.4.7.1. Generalidades

El tipo de terreno que tenemos es accidentado y de acuerdo con eso para realizar el diseño en perfil es necesario hacer que la rasante se adecue al perfil del trazo

existente, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar extensiones innecesarias.

3.4.7.2. Pendiente

A. Pendiente Mínima

La notable importancia de la pendiente mínima radica en que se debe tener un desnivel longitudinal del trazo, con el fin de garantizar en cualquier lado de la calzada un buen drenaje del agua superficial que cae sobre esta.

B. Pendiente Máxima

La DG-2018 nos brinda los máximos valores de las pendientes a tener en cuenta en el diseño, que depende de la velocidad de diseño y las dos clasificaciones de la vía, por demanda y orografía.

En el estudio se ha tomado como parámetro de diseño pendiente máxima igual a 11% dada las circunstancias del caso.

TABLA 79. PENDIENTES MÁXIMAS

Demanda	Carretera			
Vehículos/día	< 400			
Características	Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h			10.00	10.00
40 km/h	8.00	9.00	10.00	
50 km/h	8.00	8.00		
60 km/h	8.00	8.00		
70 km/h	7.00	7.00		
80 km/h	7.00	7.00		
90 km/h	6.00	6.00		
100 km/h				
110 km/h				
120 km/h				
130 km/h				

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018.

3.4.7.3. Curvas verticales

Los cambios de pendiente contiguos en el alineamiento vertical son conectados mediante curvas verticales parabólicas, siempre que la diferencia algebraica sea mayor del 0.01 y 0.02 para carreteras pavimentadas y no pavimentadas respectivamente.

3.4.8. Diseño geométrico de la sección transversal

3.4.8.1. Generalidades

Según el manual D.G. 2018 “Corresponde a la representación de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical uniforme al alineamiento horizontal, correspondiente a cada sección relacionada con el terreno natural, que permite detallar la disposición y dimensiones de dichos elementos. Estos elementos son de suma importancia en el diseño de la carretera pues permitirá que la carretera se desarrolle con seguridad vial, para el diseño de la sección transversal de la carretera se debe tener en cuenta que varía de un punto a otro, además será un conjunto de muchos elementos que cambian continuamente en formas, tamaños y obedecen a las características del trazo de la vía y de la clasificación del terreno.

En el diseño de la vía se ha considerado los siguientes elementos en la composición de la sección transversal.

3.4.8.2. Calzada

Ancho que corresponde a la transpirabilidad de los vehículos, que a su vez consigna también a la superficie de rodadura. Forma parte de la plataforma y su longitud mínima en cuanto a lo ancho según DG-2018 se determina en función a la velocidad de diseño y su clasificación de la vía.

TABLA 80. ANCHO MÍNIMO DE CALZADA EN TANGENTE

Classificación	Carretera			
Vehículos/día	< 400			
Características	Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h		6.00	6.00	6.00
40 km/h	6.00	6.00	6.00	6.00

50 km/h	6.00	6.00		
60 km/h	6.00	6.00		
70 km/h	6.00			
80 km/h				
90 km/h				
100 km/h				

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.8.3. Bermas

Se ubican adyacentes al término de la calzada en ambos lados, confinando de esta manera la superficie de rodadura. En algunos casos sirve como zonas de seguridad para el estacionamiento de vehículos en casos fortuitos y eventuales, tales como incidentes y emergencias.

Al igual que la calzada esta la longitud está definida también por la velocidad de diseño y su clasificación.

TABLE 81. ANCHO DE BERMAS

Demanda	Carretera			
Vehículos/día	< 400			
Características	Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h			0.50	0.50
40 km/h	1.20	0.90	0.50	
50 km/h	1.20	0.90	0.90	
60 km/h	1.20	1.20		
70 km/h	1.20	1.20		
80 km/h	1.20	1.20		
90 km/h	1.20	1.20		
100 km/h				

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

Para la construcción de las bermas se tomará en cuenta el grado de porcentaje o inclinación con respecto al seccionamiento transversal. El Manual DG-2018 sostiene lo detallado a continuación:

TABLA 82. INCLINACIÓN DE BERMAS

Superficie de las Bermas	INCLINACIONES TRANSVERSALES MÍNIMAS DE LAS BERMAS	
	INCLINACIÓN NORMAL (IN)	INCLINACIÓN ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	4%	0%
Grava o Afirmado	4% - 6%	
Césped	8%	

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

Para este proyecto se tomó como ancho de berma igual a 0.50 m. y una inclinación de 4 puntos porcentuales.

3.4.8.4. Bombeo

El bombeo en carreteras hace referencia a la inclinación a dos aguas que debe tener la calzada en tramos en tangente y hacia un lado en curvas. Tiene como finalidad excretar las aguas provenientes de las lluvias y otras eventualidades que tengan incidencia en la capa de rodadura.

La inclinación del bombeo se elige en porcentajes basándose en dos aspectos importantes, la precipitación de la zona donde se realiza el estudio y el tipo de superficie de rodadura a colocar. El manual DG-2018 nos brinda la siguiente tabla:

TABLA 83. VALORES DEL BOMBEO DE LA CALZADA

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto portland	2	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

Según el estudio hidrológico, la zona de influencia del proyecto reporta precipitaciones mayores a 500mm/año. En cuanto a la superficie de rodadura

según la apreciación en el capítulo de suelos, la carretera se proyectará a nivel de afirmado. Entonces se precisa el bombeo igual a 3%.

3.4.8.5. Peralte

Existe una fuerza que tiene ocurrencia en los tramos en curva, de carácter físico, llamada fuerza centrífuga. Debido a ello es que se resalta la importancia del peralte en las carreteras ya que este acciona como plan de mitigación y contrarresto de tal fuerza.

El manual de diseño geométrico DG-2018 define el peralte en puntos porcentuales de acuerdo con la zona y tipo de terreno.

TABLA 84. VALORES DEL BOMBEO DE LA CALZADA

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	303.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0%	8.0%	304.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0%	6.0%	305.05

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

3.4.8.6. Taludes

Se define según Manual de Carreteras DG-2018 como “Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal”. Es decir, es la forma definida de los laterales con la que debe terminar las secciones transversales, después de concretado el proyecto lo cual en su intervención genera en uno o dos de sus lados movimiento de tierras por corte y relleno según se presente el caso.

A. Talud en Corte

Para determinar el talud de corte, previamente se precisa la altura de corte propiamente dicha en el sector de intervención. A demás se tiene que conocer a plenitud el tipo de material en la zona de corte. El talud de corte se expresa mediante una relación de horizontalidad y verticalidad.

TABLA 85. VALORES REFERENCIALES PARA TALUDES EN CORTE

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de Corte	< 5 m	01:10	1:6 - 1:4	1:1 - 1:3	01:01	02:01
	5-10 m	01:10	1:4 - 1:2	01:01	01:01	*
	> 10 m	01:08	01:02	*	*	*

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

B. Talud en Relleno

Comúnmente conocido como terraplenes, los cuales sirven de apoyo para conformar la plataforma de la vía en su totalidad. A su vez varían en correspondencia a la altura a salvaguardar y tipo de material.

Se expresan en la relación inversa al talud de corte, es decir el factor vertical primero y luego el horizontal.

TABLA 86. TALUDES REFERENCIALES PARA TALUDES EN RELLENO

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	< 5	5 - 10	> 10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1 : 1.5	1 : 1.75	1:2
Arena	1:2	1: 2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1: 1.25	1:1.5

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG-2018/MTC.

El estudio de suelos concluye que se tiene dos tramos definidos en cuanto al tipo de material del terreno, el primero de arenas limosas y el segundo de arcillas de mediana plasticidad. Por otra parte, el alineamiento vertical nos arroja alturas de corte que llegan hasta 5 metros aproximadamente. En tal sentido se define talud de corte relación H: V igual a 1.5:1 y talud de relleno relación V:H igual a 1:1.5 en el primer tramo, así mismo se precisa talud de corte relación H: V igual a 1:1 y talud de relleno relación V:H igual a 1:1.5 para el complementar el tramo total del proyecto.

3.4.9. Resumen y consideraciones de diseño en zona rural

TABLA 87. RESUMEN DE DISEÑO GEOMÉTRICO

CARÁCTERÍSTICAS BÁSICAS DE DISEÑO	
CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU DEMANDA	<i>Carretera de Tercera Clase</i>
CLASIFICACIÓN SEGÚN CONDICIONES OROGRÁFICAS	<i>Terreno Accidentado - Tipo 3</i>
INDICE MEDIO DIARIO	<i>< 400 Veh/día</i>
DISEÑO GEOMÉTRICO	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD	<i>Pendiente de Bajada : De 0 a 9% = 35 m</i> <i>Pendiente de Subida : 3% = 31 m</i> <i> 6% = 20 m</i> <i> 9% = 29 m</i>
VELOCIDAD DE ADELANTO	<i>Redondeada = 200 m</i>
TRAMOS EN TANGENTE	<i>L min en s = 42 m</i> <i>L min en o = 84 m</i> <i>L max = 500 m</i>
RADIOS MÍNIMO	<i>Rmin = 25 m</i>
PERALTE	<i>P(max) = 12%</i>
PENDIENTES	<i>I min = 0.50%</i> <i>I max = 10.00%</i>
SECCIÓN TRANSVERSAL	<i>Calzada = 6.00 m</i>
BERMA	<i>B = 0.50 m</i>
BOMBEO	<i>3.00%</i>
TALUDES	
PRIMER TRAMO	<i>Corte H : V = 1.5 : 1.0</i> <i>Relleno V : H = 1.0 : 1.5</i>
SEGUNDO TRAMO	<i>Corte H : V = 1.0 : 1.0</i> <i>Relleno V : H = 1.0 : 1.5</i>

<i>VELOCIDAD DIRECTRIZ:</i>	<i>30 KM/H</i>
-----------------------------	----------------

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.10. Diseño de Pavimento

3.4.10.1. Generalidades

El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre la superficie de la sub-rasante (capa superior de las explanaciones) y la superficie de rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme, de forma y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito fluido de los vehículos, con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto.

La actual tecnología de pavimentos contempla una gama muy diversa de secciones estructurales, las cuales están en función de los distintos factores que intervienen en la performance de una vía: tránsito, tipo de suelo, importancia de la vía, condiciones de drenaje, recursos disponibles, etc.

Debe elegirse la solución más apropiada, de acuerdo con las facilidades y experiencias locales y a las condiciones específicas de cada caso, lo cual es una tarea que requiere de un balance técnico-económico de todas las alternativas.

3.4.10.2. Datos del CBR mediante el estudio de suelos

Para evaluar el tipo de Sub Rasante en el proyecto, se tomó de referencia lo estipulado en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos 2014, el cual presenta la siguiente categorización en función al CBR:

TABLA 88. RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA ELECCIÓN DE CBR DISEÑO

CALICATAS	PROGRESIVA (KM)	CLASIFICACIÓN			PROCTOR MODIFICADO		ENSAYO CBR (100% MDS)
		SUCS	AASHTO		MAX.DEN.SECA (G/CC)	O.C.H (%)	
C-01	00+1000	SM	A-1-b	.(0)			
C-02	00+2000	CL	A-6	.(5)	-	-	-
C-03	00+3000	GC	A-2-6	.(0)	2.033	7.60	21.08
C-04	00+4000	SC	A-6	.(1)			
C-05	00+5000	SM	A-1-a	.(0)	-	-	-
C-06	00+6000	SC	A-2-4	.(0)	1.805	15.50	8.08
C-07	00+7000	SC-SM	A-2-4	.(0)			
C-08	00+8000	SC-SM	A-1-b	.(0)	-	-	-
C-09	00+9000	SC	A-4	.(1)	1.78	11.80	7.42
C-10	00+10000	SC	A-4	.(2)			

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA 89. RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA ELECCIÓN DE CBR DISEÑO (AFIRMADO)

CALICATA	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		PROCTOR MODIFICADO		ENSAYO CBR (100% MDS)
		SUCS	AASHTO	MAX.DEN.SECA (G/CC)	O.C.H (%)	
C-X	CANTERA	GC-GM	A-1-a (0)	1.98	8.2	82.01

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos / Versión abril 2014, éste clasifica a la Subrasante en función al CBR, identificando 5 categorías de Sub rasante:

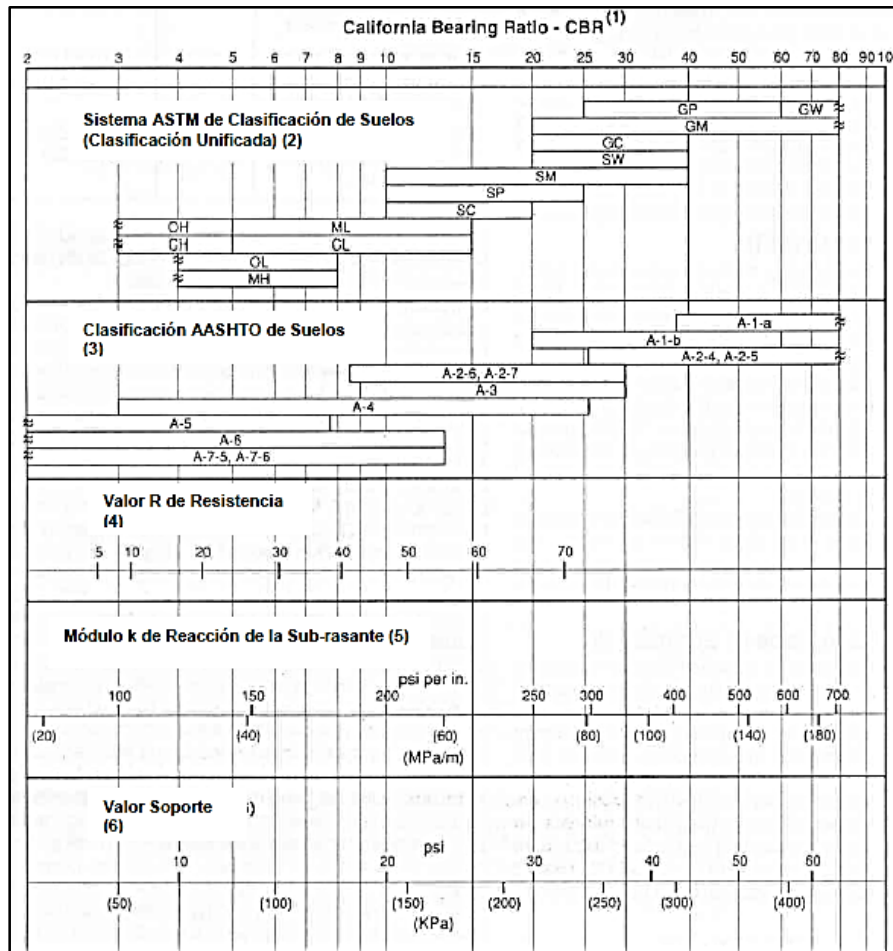
TABLA 90. CATEGORÍAS DE SUB RASANTE

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1 : Subrasante Pobre	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2 : Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S3 : Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4 : Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5 : Subrasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos 2014

Dado que de acuerdo con el Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos 2014, para este tipo de proyecto sólo se realiza 01 ensayo de determinación del CBR por cada 03 kilómetros de vía, los datos faltantes de los demás tramos se asumieron utilizando criterio técnico basado en el tipo de material y las interrelaciones aproximadas entre clasificaciones de suelos y valores de soporte estipulado en el RNE.NTE. CE.010 Pavimentos.

FIGURA 21. INTERRELACIONES APROXIMADAS ENTRE CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y VALORES SOPORTE



Fuente: RNE.NTE. CE.010 Pavimentos.

3.4.10.3. Relación de cargas

TABLA 91. RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA AFIRMADOS, PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRÍGIDOS

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{s1})	$EEs1 = (P/6.6)^4$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{s2})	$EEs2 = (P/8.2)^4$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) EE _{TA1})	$EETA1 = (P/14.8)^4$
Eje Tandem (2 eje ruedas dobles) EE _{TA2})	$EETA2 = (P/15.1)^4$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) EE _{TR1})	$EETR1 = (P/20.7)^4$
Ejes Tridem (3 ejes ruedas dobles) EE _{TR2})	$EETR2 = (P/21.8)^4$
P=Peso real por eje en toneladas	

FUENTE: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014.

TABLA 92. FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y CARRIL PARA DETERMINAR EL TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzada con separador central (para IMDa total de dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

FUENTE: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014.

3.4.10.4. Datos del estudio de tráfico

El estudio de tráfico realizado anteriormente nos arroja el cálculo de Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, el cual tiene un valor de 72, 684 EE.

Según el Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos 2014 existen 02 cuadros de clasificación por tráfico, distinguiéndolos así en caminos no pavimentados y pavimentados. El presente proyecto se clasifico de acuerdo con el cuadro de Caminos No Pavimentados ya que según el número de ejes equivalentes calculados se encuentra inmerso en el rango de esta clasificación que a continuación se presenta:

TABLA 93. TIPO DE TRÁFICO Y RANGOS SEGÚN EE

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
TNP1	$\leq 25,000$ EE
TNP2	$> 25,000$ EE $\leq 75,000$ EE
TNP3	$> 75,000$ EE $\leq 150,000$ EE
TNP4	$> 150,000$ EE $\leq 300,000$ EE

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos 2014.

De acuerdo con el cuadro expuesto se deduce que el tipo de tráfico del proyecto se consideró como **TN P2**.

TABLA 94. NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES 8.2 TN

TIPO DE VEHÍCULO	TRAFICO ACTUAL	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRAFICO DE DISEÑO	FACTOR VEHÍCULO	EE	FACTOR DIRECCIÓN	FACTOR CARRIL	Nrep de EE 8.2 tn
	Ta	$Fc = \frac{[(1+t)^n - 1]}{t}$	$Td = Ta \times Fc \times 365$	Fv	$EE = Td \times Fv$	Fd	Fc	$Nrep de EE 8.2 tn = EE \times Fd \times Fc$
VEHÍCULOS LIGEROS								
	$t = 1.26\%$							
AUTOMOVIL	7	10.59	27057	0.0027	73	0.50	1.00	37
CAMIONETA	11	10.59	42519	0.0427	1816	0.50	1.00	908
CAMIONETA RURAL	5	10.59	19327	0.0427	825	0.50	1.00	413
MICROBUS	0	10.59	0	0.1194	0	0.50	1.00	0
VEHÍCULOS PESADOS								
	$t = 2.83\%$							
OMNIBUS 2E (B2)	3	11.37	12450	4.5037	56071	0.50	1.00	28036
OMNIBUS 3E	0	11.37	0	0.0000	0	0.50	1.00	0
CAMION 2E (C2)	6	11.37	24900	3.4772	86582	0.50	1.00	43291
CAMION 3E (C3)	0	11.37	0	2.5260	0	0.50	1.00	0
CAMION 4E	0	11.37	0	0.0000	0	0.50	1.00	0
SEMI TRAYLERS	0	11.37	0	1.3731	0	0.50	1.00	0
TRAYLERS	0	11.37	0	0.0000	0	0.50	1.00	0
PERIODO DE DISEÑO (n)								
	10 AÑOS							72684

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.10.5. Espesor de pavimento, base y sub base granular

Basados en el nivel de importancia de la vía, siendo un claro indicador el valor hallado de numero de ejes equivalentes pasantes, y la rentabilidad del proyecto, por ende, se consideró realizar el diseño del pavimento a nivel de afirmado.

A. ESPESOR DE BASE GRANULAR: MATERIAL AFIRMADO

Para predimensionar y diseño de espesor de carpeta de afirmado se consideró la formula dada por el método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona la resistencia mecánica del suelo en la sub rasante, dado por el valor de soporte de california o C.B.R. (California Bearing Ratio) y la carga causante sobre el afirmado, indicado en el número de repeticiones de ejes equivalentes.

$$e = [219 - 211x(\log_{10}CBR) + 58x(\log_{10}CBR)^2] x \log_{10}\left(\frac{Nrep}{120}\right)$$

Dónde:

e = Espesor de afirmado en mm.

CBR = Valor de soporte de la subrasante.

$Nrep$ = Ejes equivalentes para el carril de diseño.

De forma metodológica y para una mayor comprensión, se desglosó la fórmula en los siguientes factores:

$$A = 219$$

$$B = [211x(\log_{10}CBR)]$$

$$C = [58x(\log_{10}CBR)^2]$$

$$D = \log_{10}\left(\frac{Nrep}{120}\right)$$

A continuación, se muestra en la tabla el resultado del cálculo de los factores desglosados y los espesores de afirmados para cada tramo en específico:

TABLA 95. ESPESORES DE AFIRMADOS PARA CADA TRAMO.

Factores	TRAMOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CBR Diseño	10.00	10.00	21.08	10.00	8.00	8.08	8.00	7.00	7.00	7.00
Nrep	72712.00	72712.00	72712.00	72712.00	72712.00	72712.00	72712.00	72712.00	72712.00	72712.00
A	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00
B	211.00	211.00	279.34	211.00	190.55	191.46	190.55	178.32	178.32	178.32
C	58.00	58.00	101.65	58.00	47.30	47.76	47.30	41.42	41.42	41.42
D	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78

e (mim)	183.64	183.64	114.96	183.64	210.77	209.50	210.77	228.46	228.46	228.46
e (cm)	18.364	18.36	11.50	18.36	21.08	20.95	21.08	22.85	22.85	22.85

Fuente: Elaboración Propia.

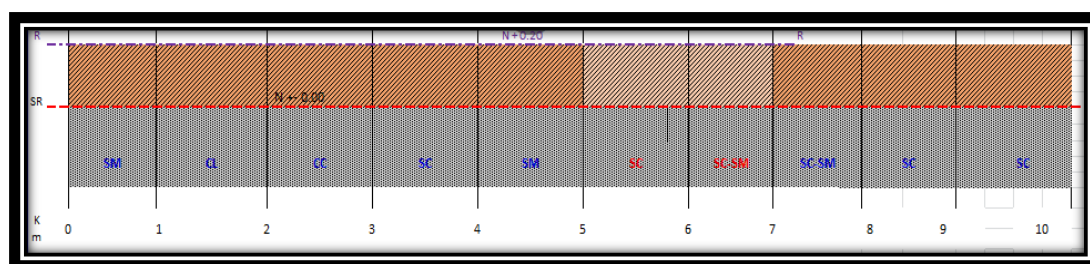
Espesor promedio del afirmado para diseño de la carretera es 19.82 cm.

FIGURA 22. DETALLE DE SECCIÓN

Diseño de Afirmado	Espesor Calculado Promediado	TRAMO TOTAL	
<div>N + 0.00</div> <div><div>Afirmado</div><div>Sub - Rasante</div></div>	e = 199 mm	ESPESOR	(cm)
	Nivel Superior de la Subrasante Perfilado y Compactado al 100% de la MDS	CAPA DE RODADURA	0.00
		BASE (Afirmado)	20.00
		SUB BASE	0.00

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 23. DISEÑO DE AFIRMADO SECTOR “A”



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.11. Señalización

3.4.11.1. Generalidades

En el estudio que se realiza se consideró una adecuada señalización de la ruta para poder garantizar el control de la operación de los vehículos en la carretera. Para ello se ha planteado la señalización vertical que implica las señales preventivas e informativas además de los postes kilométricos.

Se ha considerado así mismo el no hacer uso excesivo de las señales preventivas e informativas a fin de evitar que un excesivo número los haga ineficaces.

El análisis y la experiencia han concluido en algunas determinaciones por lo cual podemos dar una justificación adecuada para control de tráfico. Los mencionados están reglamentados y detallados en el “El Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras, 2016, del Ministerio De Transporte Y Comunicaciones”. Existen dos grupos de señalización, las verticales y las marcadas en el pavimento. Para nuestro caso sólo se programó usar Señalización Vertical por ser una carretera diseñada a nivel de afirmado.

3.4.11.2. Requisitos

Según, El Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras, 2016, del Ministerio De Transporte Y Comunicaciones: Nos da conocimiento sobre para que un dispositivo de control de tránsito sea efectivo se requiere que cumpla los siguientes parámetros:

- ✓ Debe exigir una exigencia para su empleo.
- ✓ Que llame positivamente la atención y ser visible.
- ✓ Que encierre un mensaje claro y conciso.
- ✓ Que su localización permita al usuario un tiempo adecuado de reacción y respuesta.
- ✓ Infundir respeto y ser obedecido.
- ✓ Uniformidad.

3.4.11.3. Señales verticales

Son dispositivos instalados al nivel del camino, cuyo fin es de reglamentar el tránsito y prevenir e informar a los conductores, manteniendo una uniformidad en cuanto forma, colores, dimensiones, leyendas y símbolos, manteniéndose visibles durante las 24 horas del día y bajo toda condición climática para brindar un mensaje fácil y clara hacia el usuario; primordialmente en zonas de regulaciones especiales permanente o temporales o en aquellas donde el peligro no es evidente. Hay tres grupos de señales verticales, las que a continuación se exponen:

➤ SEÑALES REGULADORES.

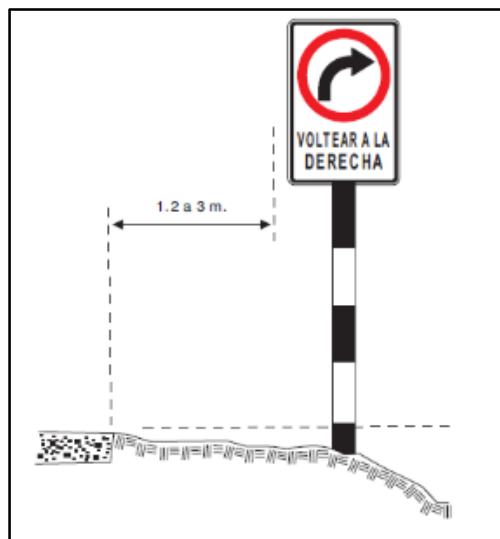
Tienen como función la de notificar a los conductores, las limitaciones restricción, prohibiciones y/o autorizaciones que rigen el uso de la vía, mediante el uso de símbolos o mensajes.

Estas señales según el Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras, 2016, del Ministerio De Transporte Y Comunicaciones se clasifican en señales de:

- A. Prioridad, que regulan el derecho de preferencia de paso.
- B. Prohibición, para prohibir o limitar el tránsito de ciertos tipos de vehículos y determinadas maniobras.

- a. De maniobras y giros.
- b. De paso por clase de vehículo.
- c. Otras.
- C. Restricción, que limita el tránsito vehicular debido a características particulares de la vía.
- D. Obligación, que indican las obligaciones que deben de cumplir los usuarios.
- E. Autorización.

FIGURA 24. SEÑALES REGULADORAS



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras – 2016.

➤ SEÑALES PREVENTIVAS

Sirven para advertir a los usuarios que les permite tomar precauciones sobre la existencia y naturales de riesgos o situaciones imprevistas temporales o permanente. Usualmente en forma cuadrada formando un rombo y de color amarillo en el fondo y negro en las franjas.

Estas señales según el Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras, 2016, del Ministerio De Transporte Y Comunicaciones se clasifican teniendo en cuenta:

- A. Características Geométricas de la vía
 - a. Curvatura horizontal, que señala la proximidad de curvas horizontales.

- b. Pendiente longitudinal, que señala la proximidad de pendientes longitudinales.
- B. Características de la superficie de rodadura, que previenen la proximidad de irregularidades en la superficie
- C. Restricciones físicas de la vía, que previenen la proximidad de restricciones de la vía.
- D. Intersecciones con otras vías.
- E. Características operativas de la vía.
- F. Emergencias y situaciones especiales, que previenen la existencia o posibilidad de emergencia viales.

➤ **SEÑALES INFORMATIVAS**

Sirven para informar a los usuarios, de los principales puntos notables, existentes a lo largo de la vía y en su área de influencia. Usualmente de forma rectangular, generalmente de fondo verde.

Estas señales según el Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras, 2016, del Ministerio De Transporte Y Comunicaciones se clasifican en:

- A. Señales de pre-señalización, que indican la proximidad de un cruce o intersección con otras vías.
- B. Señales de dirección, que informan sobre destinos.
- C. Balizas de acercamiento, que indican distancia al inicio del carril deceleración o de salida.
- D. Señales de salida inmediata.
- E. Señales de confirmación, que confirman el destino elegido.
- F. Señales de identificación vial, sirven para individualizar la vía, indicando nombre, símbolo, código y numeración.
- G. Señales de localización, que indican límites jurisdiccionales de zonas.
- H. Señales de servicios generales.
- I. Señales de interés turístico.

3.4.11.4. Colocación de las señales

Las señales de tránsito por lo general deben estar colocadas a la derecha en el sentido del tránsito. En algunos casos estarán colocadas en lo alto sobre la vía

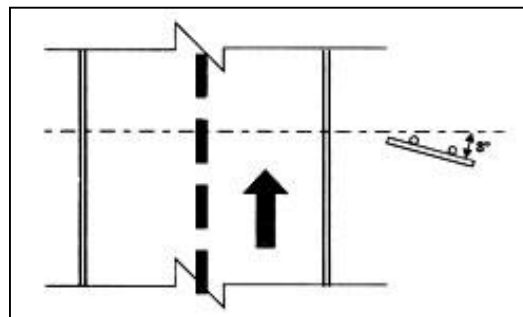
(señales elevadas). En casos excepcionales, como señales adicionales, se podrán colocar al lado izquierdo en el sentido del tránsito. Las señales deberán colocarse a una distancia lateral de acuerdo a lo siguiente:

A. ZONA RURAL

La distancia del borde de la calzada al borde próximo de la señal no deberá ser menor de 1.20m ni mayor de 3.0m. A su vez la altura mínima permisible entre el borde inferior de la señal y la superficie de rodadura fuera de la berma será de 1.50 m.

Con respecto al ángulo de colocación las señales deberán formar con el eje del camino un ángulo de 90° , pudiendo variar por un poco en el caso de señales con material reflectorizante, la cual será de 8 a 15° en relación a la perpendicular de la vía.

FIGURE 25. ANGULO DE COLOCACIÓN



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras – 2016.

3.4.11.5. Hitos kilométricos

Según el “glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial” son elementos de diversos tipos de materiales que sirven únicamente para indicar la progresiva de la carretera y generalmente se ubican a cada 1000 metros.

3.4.11.6. Señalización horizontal

Básicamente la señalización horizontal se traduce como las marcas en el pavimento o demarcaciones, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

La función principal de estas señales es regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía. Para el presente proyecto en el cual se ha tomado en cuenta un análisis de costo beneficio, teniendo como fundamento la cantidad de vehículos pasantes y por ello concluyendo así en un diseño de pavimento a nivel de afirmado, no se ha considerado señalización vertical.

3.4.11.7. Señales en el proyecto de investigación

Las señales verticales, como dispositivos de control del tránsito deberán ser usadas de acuerdo con las recomendaciones realizadas en el presente estudio. Se utilizarán para regular el tránsito y prevenir cualquier peligro que podría presentarse en la circulación vehicular. Asimismo, para informar al usuario sobre direcciones, rutas, destinos, así como dificultades existentes en las carreteras.

A. SEÑALES REGULADORAS

- ✓ En el tramo se ha previsto la colocación de las señales que regulan el tránsito en las zonas urbanas e intersecciones como son, prohibido adelantar (R-16) y velocidad máxima (R-30), haciendo referencia a la velocidad de diseño de 30 km/h para el proyecto.
- ✓ Las dimensiones de las señales de reglamentación utilizadas son las dadas en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito; rectangulares de 1.20 m. por 0.80 m. de lado, las que se han proyectado en la carretera. La señal de pared que es octogonal de 0.75 m. de alto y la señal triangular de ceda el paso, igualmente de 0.90 m. de lado.

FIGURA 26. SEÑALES REGULADORAS



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras – 2016.

A continuación, se detallan las progresivas en las que se proyectó colocar las señales reglamentarias:

TABLA 96. UBICACIÓN DE SEÑALES REGULADORAS

SEÑALES REGULADORAS					
No.	PROGRESIVAS	IDA	Descripción	REGRESO	Descripción
1	0+020	R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA		-
2	0+510	R-15	SEÑAL MATENGA SU DERECHA		-
3	0+690	R-16	SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR		
4	0+880			R-16	SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR
5	1+750	R-15	SEÑAL MATENGA SU DERECHA		
6	1+940			R-15	SEÑAL MATENGA SU DERECHA
7	2+720	R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA		
8	2+780			R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA
9	2+910	R-16	SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR		
10	3+280			R-16	SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR
11	3+400	R-16	SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR		
12	3+780			R-16	SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR
13	4+270	R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA		
14	4+340			R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA
15	4+880	R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA		
16	4+930			R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA
17	5+145	R-15	SEÑAL MATENGA SU DERECHA		
18	5+720	R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA		
19	5+780			R-30	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA
20	6+040	R-15	SEÑAL MATENGA SU DERECHA		

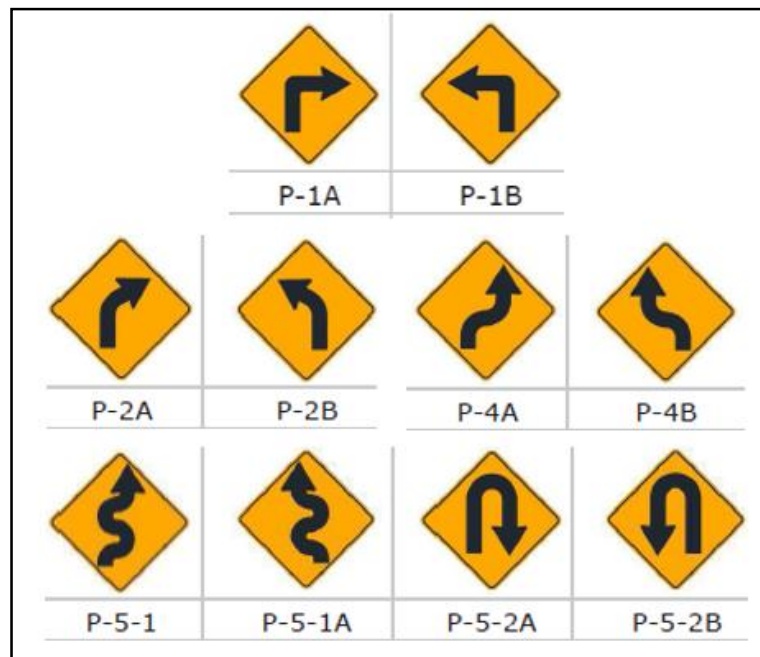
Fuente: Elaboración Propia.

B. SEÑALES PREVENTIVAS

- ✓ En este tramo se ha previsto colocar señales que advierten la presencia de curvas (P-1A, P-1B, P-2A, P-2B, P-4A, P-4B, P-5-1, P-5-1A, P-5-2A, P-5-2B), zona escolar (P-49), y zona urbana (P-56).
- ✓ Las dimensiones de las señales preventivas serán de 0.75 m. x 0.75 m. las que se han proyectado en la carretera.

- ✓ El proyecto considera una sección transversal uniforme por lo que no es necesario incluir señales preventivas del tipo reducción y/o variación de ancho de calzada.
- ✓ La relación de señales está detallada en el capítulo de metrados.

FIGURA 27. SEÑALES REGULADORAS



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras – 2016.

TABLA 97. UBICACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVAS

SEÑALES PREVENTIVAS					
No.	PROGRESIVAS	IDA	Descripción	REGRESO	Descripción
1	0+080	P-3B	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA		-
2	0+365			P-3B	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA
3	0+320	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
4	0+410			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
5	0+425	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
6	0+530			P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
7	0+570	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
8	0+880			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA

9	0+930	P-5-2B	SEÑAL CURVA EN "U" A LA IZQUIERDA		
10	1+340			P-5-2A	SEÑAL CURVA EN "U" A LA DERECHA
11	1+445	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
12	1+570	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
13					
14					
15	1+730			P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA
15	1+870	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
16	2+215	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
16	2+295			P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA
17	2+350	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
17	2+435			P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
18	2+550	P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA		
18	2+625			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
19	2+815			P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA
19	2+860	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
20	2+950	P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA		
20					
21					
22	3+020			P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA
23	3+145			P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
24	3+185	P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA		
25	3+365			P-5-A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA DERECHA
26	3+370	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
27	3+480	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
28	3+955	P-3A	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA		
29	4+240			P-3A	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA
30	4+440	P-3A	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA		
31	4+740			P-3A	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA

					PRONUNCIADA A LA DERECHA
32	4+780	P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA		
33	4+915	P-48	PASE PEATONES		
34	4+975			P-5-1A	SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA
35	5+005	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
36	5+030			P-48	PASE PEATONES
37	5+120			P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
38	5+180	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
39	5+880			P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
40	5+885	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
41	6+540			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
42	6+600	P-5-2A	SEÑAL CURVA EN "U" A LA DERECHA		
43	6+610	P-34	BADÉN		
44	6+685			P-34	BADÉN
45	6+725			P-5-2B	SEÑAL CURVA EN "U" A LA IZQUIERDA
46	6+080	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
47	7+165			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
48	7+200	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
49	7+280			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
50	7+375	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
51	7+440			P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
52	7+560	P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA		
53	7+630			P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
54	7+895	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
55	8+005			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
56	8+160	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
57	8+280			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
58	8+300	P-2B	SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA		
59	9+150			P-2A	SEÑAL CURVA A LA DERECHA
60	9+440	P-48	PASE PEATONES		

Fuente: Elaboración Propia.

C. SEÑALES INFORMATIVAS

- ✓ Las dimensiones y los colores de las señales varían de acuerdo a su clasificación:

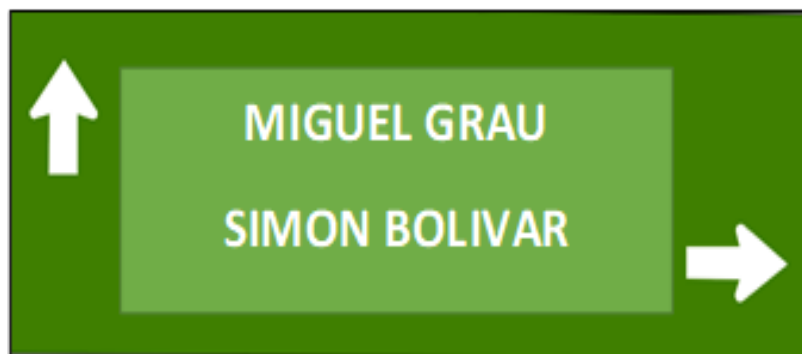
- Las señales que han sido proyectadas para la nueva carretera tienen una altura de las letras mayúsculas utilizadas en los mensajes es de 0.15 m. y son en fondo blanco con letras negras.
- Las señales Informativas de este Estudio consideran las medidas de 0.75 X 0.75 mts., por ser una carretera de alta peligrosidad.
- ✓ Las señales de información utilizadas en el proyecto son las de localización y postes kilométricos (I-2A).
- ✓ La relación de señales está detallada en el capítulo de metrados.

TABLA 98. UBICACIÓN DE SEÑALES INFORMATIVAS

SEÑALES INFORMATIVAS								
No.	PROGRESIVAS	CODIGO	LADO		DESCRIPCIÓN	MEDIDAS		
			IZQ.	DER.		L (m)	H (m)	AREA (m2)
1	0+000	SI-1	1		SAN LUIS	1.15	0.35	0.40
2	2+965	SI-2		1	SAN LUIS - MIGUEL GRAU	1.10	0.58	0.64
3	5+025	SI-3	1		MIGUEL GRAU-SIMON BOLIVAR	1.10	0.58	0.64
4	7+540	SI-4		1	SIMON BOLIVAR-STA.CECILIA	1.30	0.35	0.46

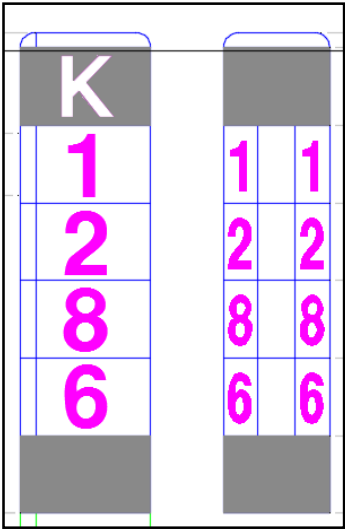
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 28. SEÑALES INFORMATIVAS (PUEBLOS)



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 29. SEÑALES INFORMATIVAS



Fuente: Elaboración Propia.

IV. DISCUSIÓN

El presente proyecto de investigación está basado dentro de la normativa que actualmente rige, la cual prescribe los parámetros fundamentales para su diseño, así como para el funcionamiento en el lapso de vida que se programó.

El tramo de la carretera en estudio posee una orografía accidentada tipo 3, con pendientes longitudinales mayores a 13%, por tal motivo significó gran cantidad de movimiento de tierras, sobre todo en ciertas partes de la carretera en donde se modificó el eje de la vía, acercando el eje hacia el talud de corte; así como lo define el Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG (2018). Incluso según Guillén (2017) en su tesis: “Diseño para el mejoramiento de la carretera que une los caseríos El Amante - Matibamba, distrito de José Sabogal- provincia de San Marcos - departamento de Cajamarca”, indica que esta topografía es tipa de la región sierra, encontrando una topografía accidentada y con pendientes elevadas.

Con respecto al EMS del presente proyecto de investigación, se extrajeron muestras de material, en zonas específicas en cada kilómetro a lo largo de la carretera, así como lo estipula en Manual de Carreteras: Suelo, Geología Geotécnica y Pavimentos (2014), para un $IMDA \leq 200$ veh/día, realizar calicatas a una profundidad de 1.50m y de esta manera conseguir información del suelo de la zona, así como Bonilla (2017) en su tesis: “Diseño para el mejoramiento de la carretera, Emp. Li842 (Vaquería) – Pampactac – Emp. Li838, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad”, indica el muestreo del suelo a distancias permitidas por la zona.

El tramo de la carretera se hará uso del aditivo CONAID para mejorar las propiedades del suelo, debido a que reduce el esfuerzo de compactación y hace más fácil trabajar el suelo y aumenta la lubricación de las partículas del suelo. Hace el suelo más fácil de nivelar y permitiría obtener la densidad deseada con menos pasadas del compactador. Así como DELVA FLOR BADA ALAYO en su tesis: “Aplicación del Aditivo Químico Conaid para Atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la Ruta Nacional pe – 3na”.

En lo referente al diseño geométrico, se clasificó al tramo en estudio como carretera de tercera clase con $IMDA \leq 400$ veh/día, tal cual lo indica el MC DG-2018, así como lo clasificó Esquivel (2017) en su investigación: “Diseño para el mejoramiento de la carretera vecinal tramo: Chulite – Rayambara – La Soledad, distritos de Quiruvilca y Santiago de Chuco, provincia de Santiago de Chuco – departamento La Libertad”. Para el tramo de la carretera Lluchupata – Shalcapata, se realizó con una velocidad de diseño de 30 km/h con radios de curvatura mínimo de 25m; estos parámetros se basaron en el MC DG-2018, de igual forma lo realizó Reyes (2017) en su tesis: “Diseño de la carretera en el tramo, El Progreso – Tiopampa, distrito de Chugay, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad”, con velocidad de diseño de 30km/h y radios de curvaturas mínimos a 25m.

Para el diseño de la conformación del pavimento a colocar en el tramo Pallar Alto y Lluchupata se tuvo como base el IMDa de 32veh/día definido en el estudio de tráfico, el cual a su vez expresa 72684 en ejes equivalentes considerándolo de esta manera en un tráfico TNP2 según el rango del Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos 2014. Es por ello que se realizó el mejoramiento de la vía a nivel de afirmado teniendo 2 sectores bien marcados del inicio hasta el kilómetro 5 y desde este hasta el final, colocando espesores de afirmado de 0.20m y 0.30m respectivamente.

Para brindar seguridad a las personas que gozaran de la vía mejorada, se proyectó colocar señales tanto verticales. Donde las señales verticales indican prevención e información; del mismo modo se colocará hitos en cada kilómetro.

V. CONCLUSIÓN

- Se realizó el levantamiento topográfico de la zona de influencia, con lo cual se determinó que: El tipo de terreno es Accidentado Tipo 3, se clasificó de acuerdo al MC DG-2018. Encontrándose con pendientes en el rango de 10% al 15%.
- Se ejecutó el Estudio de Mecánica de Suelos, a las muestras extraídas de las 10 calicatas en el tramo de la carretera, se realizó la clasificación tanto en Método SUCS como AASHTO, por lo cual se determinó a que el suelo está compuesto principalmente por material grava-arcillosa en estado medianamente plásticas, presentando CBR al 95% mayor a 9.85%, asimismo el material de la cantera considerada para la extracción de material se describe como Grava con aglomerante arcillo-limoso. Con contenido de arenas con un 12.05% de finos que pasa la malla N200, 60.1 % de gravas y 27.8% de arenas, presentando un CBR de 38.38% al 95%.
- Se realizó el estudio hidrológico pluviométrico y de las cuencas nos permitió calcular las dimensiones de las obras de arte proyectadas; las cunetas serán de sección triangular cumpliendo con la capacidad de captar un caudal máximo de 0.066 m³/s, se diseñaron las alcantarillas de alivio de diámetro 24", que son 37 unidades colocada a 250m. de la carretera; también se diseñó las alcantarillas de paso para evacuar las aguas de dos ríos, el caudal de un río es de 1.47 m³/s que se diseñó una alcantarilla de diámetro de 40" y el caudal del otro río es de 2.64 m³/s que se diseñó una alcantarilla de diámetro de 60", y está en función del caudal a conducir de las cunetas.
- Se realizó el diseño geométrico conforme al MC DG-2018, estipulando una carretera de tercera clase de 6.00 m de calzada, pendiente máxima de 10.44%, velocidad de diseño de 30 km/h, con radio de curvatura horizontal de 25.00 m como mínimo, asimismo se estableció señales de tránsito correspondiente a lo largo de la carretera.

VI. RECOMENDACIONES

- El proyecto debe materializarse de manera inmediata, pues con ello, se solucionarían los problemas y limitaciones que afrontan los pobladores de la zona y poder así mejora su nivel de vida.
- Brindar oportunidad de trabajos a los pobladores de la zona, en mano de obra calificada y no calificada, de acuerdo a la eficiencia del personal requerido y que reúna.
- Se recomienda que el tiempo de ejecución de la obra deberá llevarse a cabo en los meses de estiaje a fin de no tener problemas de lluvias y saturación de los materiales a utilizar en el afirmado, para obtener la compactación requerida y de esta manera llegar a máxima eficiencia.

VII.REFERENCIAS

BAUTISTA, Orlando y CARRASCO, Elar. “Diseño para el mejoramiento de la carretera a nivel de afirmad entre los caseríos de Sumuche Bajo – Buenos Aires distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba – Región Piura”. Tesis (Bachillerato y Titulo en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2015.

CABANILLAS, Guianella y INFANTES, Milton. “Diseño para el mejoramiento de la trocha carrozable Coypin – Caumayda, Santiago de Chuco”. Tesis (Bachillerato y Titulo en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2018.

CALDAS, León y TERRONES Cueva. “Mejoramiento y su impacto ambiental de la carretera Cascas – Lucma – Marmot – Sayapullo – Gran Chimú”. Tesis (Bachillerato y Titulo en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2014.

CASTAÑEDA, Oscar. “Diseño de la carretera a nivel de afirmado, tramo Lucma - Huachacual, del distrito de Lucma provincia Gran Chimú – región. La Libertad”. Tesis (Bachillerato y Titulo en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2016.

CHICOMA, Henry. “Mejoramiento a nivel afirmado carretera Cupisnique Trinidad – La Zanja”. Tesis (Bachillerato y Titulo en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2014.

ESQUIVEL, Josué y QUIÑONES, Miguel. “Estudio para el mejoramiento de la carretera a nivel afirmado entre las localidades de Suruvara y la Cuchilla, distrito de Santiago de Chuco – provincia de Santiago de Chuco – La Libertad”. Tesis (Bachillerato y Titulo en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2014.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Manual de Carretera: Diseño Geométrico”. Tomo I. 2018.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Manual de Carretera: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentaciones”. Tomo I. 2014.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Ensayo de Materiales”. Tomo I. 2016.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Hidrología, Hidráulica y Drenaje”. Primera edición. 2014.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Mantenimiento o Conservación Vial”. Tomo II. 2014.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras”. Tomo I. 2016.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Manual de Seguridad Vial”. Segunda edición. 2017.

ROBLES, Joselito. “Diseño del mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera caserío La Unión – caserío Huaynas, distrito de Huaso - provincia de Julcan – región La Libertad”. Tesis (Bachillerato y Título en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2016.

ROJAS, Juan “Diseño de la vía de acceso a los caseríos de Santa Rosa Zancobamba, desde la ruta nacional pe – 10b, distrito de Chugay – provincia de Sánchez Carrión – departamento la libertad”. Tesis (Bachillerato y Título en Ingeniería Civil) La Libertad, Trujillo, Universidad Cesar Vallejo. 2016.

ANEXOS

ANEXO 1 – USO DE ADITIVO

- **ADITIVO CON-AID**

Aditivo Con-Aid Producto específicamente diseñado para la mejora de suelos en la construcción vial, que se utilizan tanto en caminos naturales como en capas estructurales de un pavimento.

CON-AID es un compuesto orgánico que modifica las arcillas de naturaleza hidrofílica del suelo en arcillas de naturaleza hidrofóbica. Este proceso se realiza a través de un intercambio iónico con la partícula de arcilla. CON-AID es capaz de reducir la movilidad y el intercambio iónico de las arcillas y por ende del suelo, produciendo las siguientes modificaciones en el material:

Incrementa la naturaleza hidrofóbica

Elimina parte del agua absorbida.

Genera cohesión entre partículas microscópicas que evitan que las partículas más pequeñas se desprendan (polvo).

Su rango de utilización abarca todos los suelos arcillosos o los que al menos contengan un 5% de arcilla.

En los suelos arcillosos, CON-AID modifica sus características físicas y químicas y mejorando su comportamiento mecánico.

En los suelos con menor cantidad arcilla facilitará la compactación y aumentará su capacidad portante.

- **Especificaciones técnicas del producto.**

En este documento se definen las exigencias y los procedimientos que deben ser empleados y aplicados en este trabajo de investigación para el correcto uso del producto.

- ❖ Tecnología: Sistema enzimático.
- ❖ Efecto en la estructura mineral de la arcilla: Reduce la plasticidad y permeabilidad. Incrementa la densidad y razón soporte (CBR).
- ❖ Características y comportamiento: Reacciones e intercambio iónico, electroquímico con las partículas de arcilla. Reducción de la tensión superficial. Degradación enzimática del material orgánico en el suelo.
- ❖ Naturaleza: Tecnología de fermentación de vegetales. Líquido.

- ❖ Rango: Amplio rango de suelos naturales incluyendo materiales con alto contenido arcillosos cohesivo.
- ❖ Aplicación: Los requerimientos de aplicación son mínimos, es de fácil aplicación. Construcción económica. Aplicación manual, basada en una buena mezcla de suelo, suficiente dilución en agua del producto y una adecuada compactación. Moderado índice plástico (menor a 20).

El suelo puede contener material orgánico.

- ❖ Rendimiento: Un bidón de 20 L rinde para 660 m³ Rinde
- ❖ 1 L para 220 m, con un largo de 1100 m, ancho de 4 m, y espesor de 15 cm. 2 ó 1 L para 33 m³
- ❖ Vencimiento: 48 meses, contados desde la fecha de su fabricación.
- ❖ Medio ambiente: Ecológico. No tóxico, biodegradable.
- ❖ Propiedades a 25° C: Considerando la temperatura ambiente.
 - a. pH: 4 - 9 - Gravedad específica: 1,0 - 1,10
 - b. Color: Marrón claro
 - c. Viscosidad, CPS: 20
 - d. Olor: Inodoro

- **Ventajas que se obtendrían al aplicar el producto**

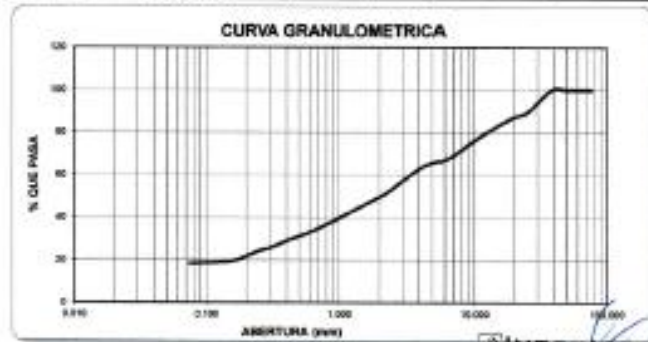
- ❖ Alto rendimiento y bajo costo: Se puede obtener caminos de tierra con bajo costo de mantenimiento, de extensa vida útil y en las más variadas condiciones climatológicas.
- ❖ Reduce problemas generales de trabajo y mantenimientos de caminos: Al disminuir la penetración de agua, aumenta la estabilidad del suelo. De esta manera se reducirían los efectos de las ondulaciones, encalaminado y baches, dando como resultado mayor tiempo de vida útil y menor costo de mantenimiento.
- ❖ Se puede usar material de menor calidad, lo que reduce la necesidad de importar material costoso: Usa más material del propio suelo.
- ❖ Aumenta la resistencia de la compresión: Como catalizador orgánico, éste debería fortalecer la unión del material, así esta tendría mayor densidad, mayor cohesión y mayor estabilidad; con el mejoramiento de estas propiedades la resistencia a la compresión también debería aumentar.

- ❖ Reduce el esfuerzo de compactación y hace más fácil trabajar el suelo: El producto debe de aumentar la lubricación de las partículas del suelo. Hace el suelo más fácil de nivelar y permitiría obtener la densidad deseada con menos pasadas del compactador.
- ❖ Aumenta la densidad del suelo: Cambiando la atracción electroquímica en las partículas del suelo y liberando el agua retenida, el producto debería ser capaz de disminuir los vacíos existentes entre las partículas del suelo. Se produce así una fundación del camino más firme, seca, densa y con menos polvo.
- ❖ Disminuye la permeabilidad del agua: Después de la aplicación del producto, se debería obtener una configuración del suelo más cohesiva, de modo tal que inhiba el escurrimiento y la migración del agua que se suele producir a través de los vacíos que existen entre las partículas del suelo.
- ❖ Climas: Deberá reaccionar de modo efectivo a los cambios bruscos de temperatura y en zonas lluviosas en las alturas y a la acción de las heladas.

ANEXO 2 – ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Calicata número 01

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS											
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO											
ASTM D-422											
PROYECTO:		DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUCO, LA LIBERTAD									
SOLICITANTE:		HUMARZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL									
RESPONSABLE:		ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CP Nº 101231)									
CALEFAT:		Nº 01		MUESTRA:		0-1		ESTRATO:		0.00	
UBICACIÓN:		OSP.		LA LIBERTAD		PROV.		OTUCO			
FECHA:		JULIO		2019		DIET.		USQUIL			
DATOS DEL ENSAYO											
PESO SECO INICIAL		gr. 1		1962.74		PROGRESIVA 1+000					
PESO SECO LAVADO		gr. 1		1605.78							
PESO PERDIDO POR LAVADO		gr. 1		356.96							
Tamano		Abertura en mm.		Peso Retenido		% Retenido Parcial		% Retenido Acumulado		% que Pasa	
2"		76.200		0.00		0.00		0.00		100.00	
1.18"		30.000		0.00		0.00		0.00		100.00	
0.85"		21.200		0.00		0.00		0.00		100.00	
0.60"		15.000		200.40		10.21		10.21		89.79	
0.425"		10.000		82.00		4.18		14.39		85.61	
0.30"		7.620		121.91		6.21		20.60		79.40	
0.25"		6.350		100.80		5.13		25.73		74.27	
0.15"		3.960		148.00		7.54		33.27		66.73	
0.075"		1.900		80.44		4.10		37.37		62.63	
0.075"		1.900		222.90		11.34		48.71		51.29	
0.075"		1.900		82.71		4.21		52.92		47.08	
0.075"		1.900		145.3		7.40		60.32		39.68	
0.075"		1.900		90.12		4.59		64.91		35.09	
0.075"		1.900		89.01		4.54		69.45		30.55	
0.075"		1.900		87.75		4.47		73.92		26.08	
0.075"		1.900		75.31		3.84		77.76		22.24	
0.075"		1.900		35.77		1.82		79.58		20.42	
0.075"		1.900		72.66		3.70		83.28		16.72	
0.075"		1.900		20.32		1.04		84.32		15.68	
0.075"		1.900		20.72		1.06		85.38		14.62	
< 300				356.96		18.21		100.00		0.00	
Total				1962.74							



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
ING. C. INGENIERO DE MECANICA DE SUELOS - OTUCO
R. C. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 R9C: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 191231)				
CALICATA:	Nº 01	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.8
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JUJO.	2019	DIST.	USQUIL	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	18	25	-	-	-
Peso tara (gr.)	18.73	18.73	18.85	15.86	14.13	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	22.48	22.49	21.86	14.06	14.32	
Peso tara + suelo seco (gr.)	21.75	21.82	21.21	14.04	14.29	
Humedad %	24.17	21.88	19.07	15.36	15.85	
Límites	19.00			15.62		



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 Ing. de Mecánica de Suelos y Estradas
 CIP 191231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALCATA:	N° 01	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.00
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	38.61	38.57
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	155.38	174.44
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	140.88	166.88
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	100.27	128.31
PESO DE AGUA	(gr.)	6.50	7.56
% DE HUMEDAD		5.95	5.89
% DE HUMEDAD PROMEDIO		5.92	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNOMETRO	(cm ³)	2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	6505.00
PESO DEL PICNOMETRO	(gr.)	1605.00
PESO DEL PICNOMETRO + MUESTRA	(gr.)	7110.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.970
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.880

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 INGEOMA S.A.C. - DISTRITO DE OTUZCO
 RUC: 2019010101

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 952353278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFERRADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CRUZ, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
MOLECITANTE:	HERRERA SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ ROSARIO ROSA ARIEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. GE. N° 90021)				
CALECATA:	NP 01	MUESTRA:		E1, E2	
UBICACIÓN:	OTUZCO	LA LIBERTAD	PROV	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2018	DET	USQUIL	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALECATA N° 01	E1	arena con aglomerado fino, con contenido de grava: 10.31% de finos que pasa la malla N°200, 36.34% de grava y 45.35% de arena, material de color marfil claro. Existe presencia de pedos de tamaño mayor a 2" hasta 17".	SM	A-1-b (2)	
0.20		E2	ROCA MADRE			
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10						
2.20						
2.30						
2.40						
2.50						
2.60						
2.70						
2.80						
2.90						
3.00						
3.10						
3.20						
3.30						
3.40						
3.50						

INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 DPT. DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 107021

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" OPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 945461203 RPC: 932363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Calicata número 02

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
ASTM D-422

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA OSCILA, DISTRITO DE USQUIL, OTUSCO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	MURRAY SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CP. N° 101231)				
CALECATA:	N° 02	MUESTRA:	B-1	ESTRATOS:	0.80
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	OTUSCO	DIST.	USQUIL
FECHA:	22.03	2016			

DATOS DEL ENSAYO					
PROYECTO TOTAL	10.7	1765.32	PROGRESIVA 2+000		
PROYECTO LAVADO	10.7	811.83			
PROYECTO POR LAVADO	10.7	1765.32			

Tamaño ASIM	Abertura en mm.	Peso Remanente	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
2"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	47.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquida 32.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástica 21.36
1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástica 10.52
3/4"	30.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SCS CL
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHO A-6 (S)
1 1/2"	18.750	44.02	3.48	3.48	97.52	
1 3/4"	12.500	36.02	1.88	4.48	95.52	
2"	8.325	19.30	1.15	5.63	94.37	
2 1/4"	6.350	27.67	1.57	7.14	92.86	
2 3/4"	4.750	19.82	1.12	8.26	91.74	
3"	3.350	80.13	3.41	11.67	88.33	
3 1/2"	2.000	18.41	1.04	12.71	87.29	
4"	1.180	85.08	3.88	16.57	83.43	
4 1/2"	0.850	48.48	2.75	19.32	80.68	
5"	0.600	30.28	2.05	21.37	78.63	
5 1/2"	0.425	47.45	3.40	24.77	75.23	
6"	0.300	56.51	3.97	28.74	71.26	
6 1/2"	0.250	22.47	1.37	30.11	69.89	
7"	0.180	56.08	3.17	33.28	66.72	
7 1/2"	0.150	24.08	1.36	34.64	65.36	
8"	0.075	18.58	1.08	35.72	64.28	
<200		1153.52	65.34	100.00	0.00	
Total		1765.32				

CURVA GRANULOMETRICA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
REG. CP. N° 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 946461203 RPD: 992363078 TEL.: 044 601374

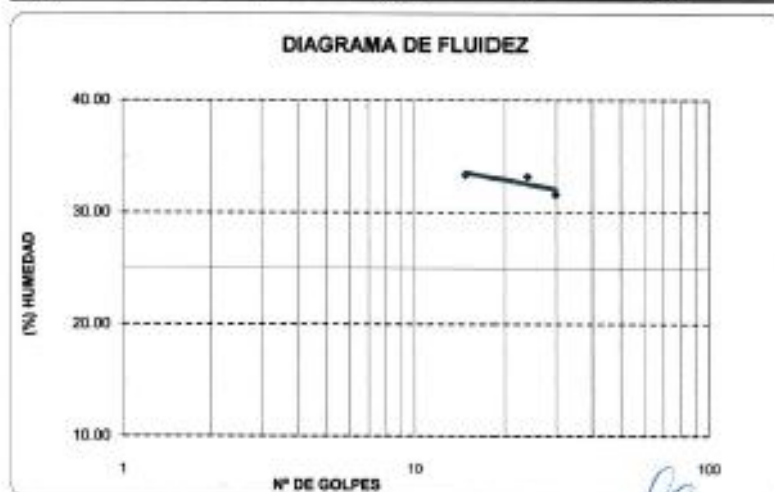
email: ingesoma_sac@outlook.es

ingesoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 191231)				
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.8
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2018	DIST.	USQUIL	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	25	30	-	-	-
Peso tara (gr.)	39.61	39.57	39.10	19.61	19.38	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	41.97	41.78	41.89	19.17	19.49	
Peso tara + suelo seco (gr.)	41.38	40.98	41.22	19.14	19.47	
Humedad %	33.33	33.20	31.80	21.21	21.55	
Límites	32.00			21.38		



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
DPTO. DE INGENIERÍA DE SUELOS Y GEOTECNIA
R. CIP 191231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948961203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALCATA:	N° 02	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.80
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2018	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	38.10	38.79
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	149.88	161.37
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	137.52	148.05
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	98.42	109.26
PESO DE AGUA	(gr.)	12.16	13.32
% DE HUMEDAD		12.36	12.19
% DE HUMEDAD PROMEDIO		12.27	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PIGNOMETRO	(cc)	2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	5125.00
PESO DEL PIGNOMETRO	(gr.)	1605.00
PESO DEL PIGNOMETRO + MUESTRA	(gr.)	6730.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cc)	1.834
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cc)	1.633

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
Dpto. de Ingeniería de Materiales y Metales
R. C. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 801374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFERRADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CRUZ, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD			
SOLICITANTE:	HUMAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ AREI			
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CO. N° 101221)			
CALCATA:	N° 02	MUESTRA:		E1 E2
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. OTUZCO		
FECHA:	JULIO 2019	DIET	USQUIL	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00 3.10 3.20 3.30 3.40 3.50	CALCATA Nº 02	E1	Aréola de baja plasticidad, con contenido de arena: 85.54% de finos que pasan a malla N° 200, 8.26% de grava y 6.20% de arena, material de color marfil. Sección presentando de pedris de tamaño mayor a 2" hasta 12"	CL	A-6 (5)	
		E2	ROCA MADRE			

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
ING. DE GEOTECNIA Y MEJORA DE SUELOS Y MATERIALES
N° CO. 101221

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461293 RPC: 992363276 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Calicata número 03

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

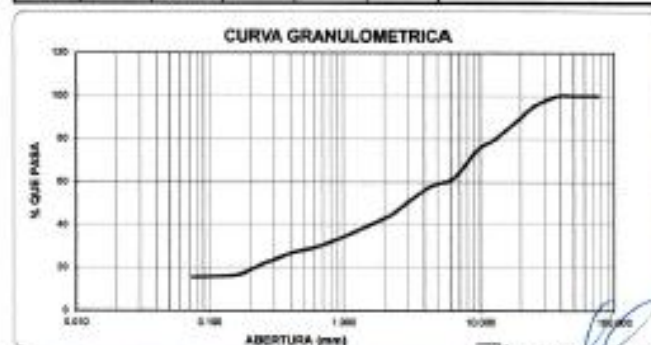
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-472

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA OCEÑA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZZO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	MUNICIPIO SAN LUIS Y SAN PEDRO DE USQUIL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCAIDE (REG. CP N° 107237)				
CLASIFICACIÓN:	Nº 25	MUESTRA:	S-1	EXTRAYO:	0.00
UBICACIÓN:	DPTO. LA LIBERTAD	PROV.	OTUZZO		
FECHA:	JUNIO 2019	DIST.	USQUIL		

DATOS DEL ENSAYO				
PESO SEC INICIAL (g)	1825.71			
PESO SEC LAVADO (g)	1525.06			
PESO PERDIDO POR LAVADO (g)	278.72			

PROGRESIVA 3+300

Tamiz	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido	% Pasado	% que Pasa	LIMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
2"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	30.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	30.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	82.27	4.56	4.56	95.44	
3/4"	19.000	172.57	9.45	11.52	88.48	
1/2"	12.500	182.81	10.02	20.34	79.66	
3/8"	9.500	84.82	4.65	25.04	74.96	
20#	8.500	228.45	12.54	37.57	62.43	
40#	4.750	80.91	4.43	41.99	58.01	
60#	2.500	206.30	11.31	53.30	46.70	
100#	1.500	45.52	2.50	55.80	44.20	
200#	0.850	33.86	1.85	57.65	42.35	
400#	0.425	30.27	1.66	59.31	40.69	
600#	0.250	32.86	1.80	61.11	38.89	
800#	0.190	29.94	1.64	62.75	37.25	
1000#	0.150	23.00	1.26	64.01	35.99	
2000#	0.075	14.5	0.80	64.81	35.19	
75#		278.72	15.26	80.00	20.00	
Total		1825.71				



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcaide
DPTO. LA LIBERTAD, DISTRITO DE USQUIL, OTUZZO
Nº 107237

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 801374

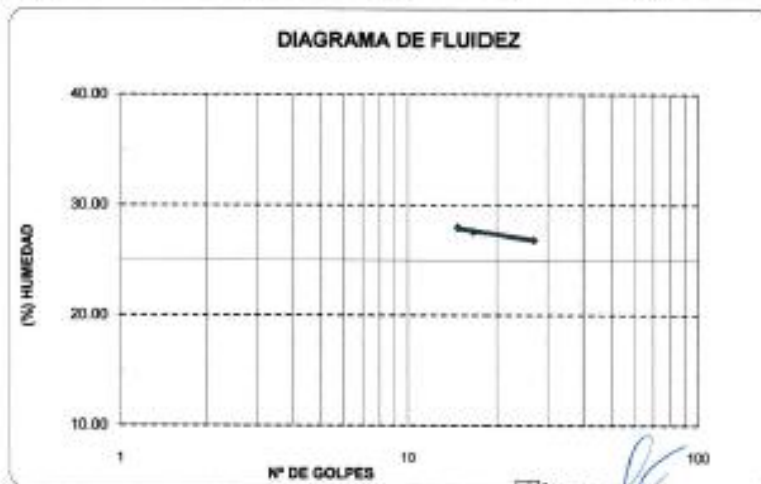
email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZZO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 191231)				
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.9
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZZO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	15	17	27	-	-	-
N° de golpes						
Peso tara (gr.)	38.79	40.06	39.02	19.97	19.89	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	41.26	42.51	41.29	20.13	19.84	
Peso tara + suelo seco (gr.)	40.72	41.98	40.81	20.11	19.82	
Humedad %	27.96	27.99	28.82	14.29	14.50	
Límites		27.99			14.39	




 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 A.C. Y MONITOREO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS
 B. CIP 191231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 801374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.90
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO		
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	40.06	39.02
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	173.30	174.30
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	169.22	169.37
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	129.16	130.35
PESO DE AGUA	(gr.)	4.08	4.96
% DE HUMEDAD		3.16	3.82
% DE HUMEDAD PROMEDIO		3.49	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1557	
VOLUMEN DEL PICONOMETRO	(cm ³) 2704.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.) 5195.00
PESO DEL PICONOMETRO	(gr.) 1805.00
PESO DEL PICONOMETRO + MUESTRA	(gr.) 6600.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³) 1.808
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³) 1.796

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
ING. DE LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS
N. CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 801574

email: ingeoma_sao@outlook.es

f ingeoma_sao

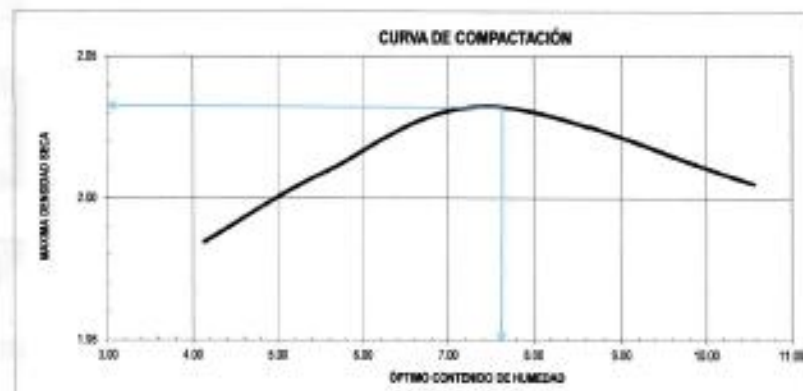
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS SANTA OCECILLA, DISTRITO DE USQUIL, OTUSCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : HURTADO SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL
UBICACIÓN : Uspall - Otusco - La Libertad
FECHA : JULIO DEL 2019

CALCATA IC-01

Muestra N°	5 - 512
Peso del Mole (g)	5520
Volumen del Mole (cm³)	2033.22
N° de Capas	5
N° de Copes por capa	50

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Mole (gr.)	10520.00	10630.00	10740.00	10850.00	10960.00	11070.00
Peso de Mole (gr.)	5520.00	5520.00	5520.00	5520.00	5520.00	5520.00
Peso de Suelo Húmedo (gr.)	4990.00	5110.00	5220.00	5330.00	5440.00	5550.00
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.47	2.42	2.38	2.35	2.32	2.28
CAPISULA N°	1-50	1-50	1-50	1-50	1-50	1-50
Peso de Suelo Húmedo + Capisula (gr.)	272.75	260.12	247.50	234.87	222.25	209.62
Peso de Suelo seco + Capisula (gr.)	255.25	242.62	230.00	217.37	204.75	192.12
Peso de Agua (gr.)	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50
Peso de Capisula (gr.)	26.81	26.81	26.81	26.81	26.81	26.81
Peso de Suelo Seco (gr.)	198.44	215.81	202.19	190.56	177.94	165.31
% de Humedad	6.13	5.58	5.03	4.48	3.93	3.38
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	1.98	2.01	2.03	2.05	2.07	2.09



Máxima densidad Seca (gr/cm³)	2.03
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.60

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alvarado
 DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA DE SUELOS Y FUNDACIONES
 10/07/2019

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NTP 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS - SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD		
SOLICITANTE	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL		
RESPONSABLE	ING. ROBERTO C. SASAZAR ALCALDE (RCS, CIP N° 101231)	CERTIFICADO	SR - 693
MUESTRA	C-3 - ESTRATO B-1 (0.00 - 0.90 m)	FECHA	26-10
UBICACION	USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD	CLASIF. (SUCS)	UC
		CLASIF. (AASHTO)	A-2 - 5 (3)

COMPACTACION

Molde N°	4		25		6	
Capas N°	5		5		5	
Colpas por capa N°	55		20		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12340.00	12345.00	12567.00	12567.00	11984.00	11984.00
Peso de molde (g)	7091.00	7092.00	7089.00	7089.00	7052.00	7052.00
Peso del suelo húmedo (g)	4553.00	4652.00	4478.00	4513.00	4312.00	4352.00
Volumen del molde (cm³)	2133.00	2149.92	2126.00	2139.60	2124.00	2109.78
Densidad húmeda (g/cm³)	2.138	2.164	2.096	2.089	2.030	2.066
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	774.20	1119.60	705.60	1118.50	643.30	1156.00
Peso suelo seco + tara (g)	739.30	1038.20	673.90	1063.80	598.10	1049.70
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	34.90	81.40	49.70	95.70	45.20	106.30
Peso de suelo seco (g)	739.30	1038.20	673.90	1063.80	598.10	1049.70
Contenido de humedad (%)	4.70	7.84	7.42	9.00	7.56	10.13
Densidad seca (g/cm³)	2.033	2.066	1.957	1.916	1.887	1.921

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-10	09:40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26-10	09:40	24	33	0.787	0.68	51	1.259	1.12	75	1.905	1.60
26-10	09:40	48	43	1.321	0.95	63	1.633	1.43	85	2.235	1.94
26-10	09:40	72	47	1.394	1.03	70	1.718	1.54	90	2.438	2.11
26-10	09:40	96	49	1.245	1.08	73	1.829	1.58	94	2.489	2.16

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STANDA. kg/cm²	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA kg	CORRECCION kg	%		CARGA kg	CORRECCION kg	%		CARGA kg	CORRECCION kg	%	
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		16	69.7			8	33.7			4	15.7		
1.270		32	150.6			16	69.7			8	33.7		
1.905		48	218.0			24	114.6			12	60.7		
2.540	70.455	64	285.5	288.6	21.2	32	150.6	146.9	10.8	16	78.7	77.3	5.7
3.175		80	434.9			40	218.0			20	114.6		
3.810	105.682	110	532.8	532.4	26.0	50	272.0	276.2	13.6	25	141.6	143.7	3.0
7.620		160	779.6			80	402.4			40	200.1		
10.160		210	943.0			110	501.3			55	245.0		
12.700		240	988.9			120	571.8			60	290.0		

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
RCS, CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

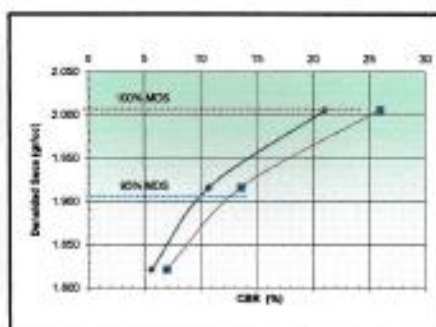
 ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NTP 339.145 / ASTM D - 1883

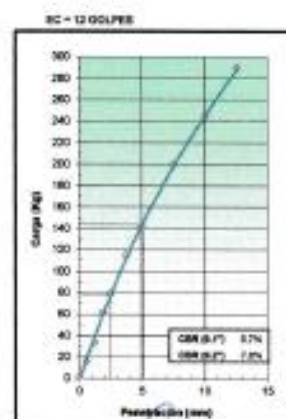
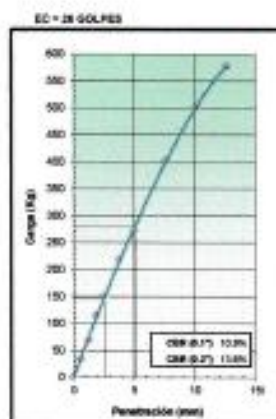
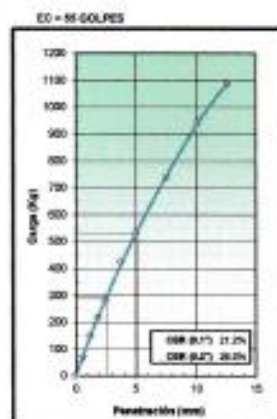
PROYECTO	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS - SANTA CECILIA,
SOLICITANTE	DISTRITO DE UQUE, OTUSCO, LA LIBERTAD
RESPONSABLE	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL
CERTIFICADO	991 - 003
FECHA	14-18
MUESTRA	C-3 - ESTRATO C-1 (0.00 - 0.30 m)
CLAS. (RUCS)	GC
UBICACION	UQUE - OTUSCO - LA LIBERTAD
CLASIF. (AASHTO)	A-2-8(3)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.006
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.8
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.906

C.B.R. AL 10% DE M.D.S. (%)	0.1"	21.25	0.2"	26.35
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	9.85	0.2"	12.31

OBSERVACIONES:



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 Ing. de Asesoría y Asesoría de Suelos y Materiales
 RUC-10731

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" OPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RUC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	ORDEN DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE APRIBADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. GP N° 101021)				
CALCATA:	N° 00	MUESTRA:		C1, C2	
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2015	DIST.	USQUIL	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Ma	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
0.20						
0.30	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
0.40						
0.50	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
0.60						
0.70	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
0.80						
0.90	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
1.00						
1.10	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
1.20						
1.30	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
1.40						
1.50	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
1.60						
1.70	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
1.80						
1.90	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
2.00						
2.10	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
2.20						
2.30	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
2.40						
2.50	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
2.60						
2.70	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
2.80						
2.90	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
3.00						
3.10	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
3.20						
3.30	CALCATA N° 00	E1	Grava con aglomerante arcilloso, con contenido de arena: 15.49% de finos que pasa la malla N° 200, 40.88% de grava y 43.63% de arena, material de color marrón claro. Existe presencia de pedruzcos tamaño mayor a 2" hasta 7".	GC	A-2-4 (2)	
3.40						
3.50	CALCATA N° 00	E2	BOCA MADRE	...	...
3.60						

INGECOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
PR. DE INGENIERIA CIVIL (Especialidad en Obras de Arte)
N° 101021

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461253 RFC: 962363278 TEL: 044 601374

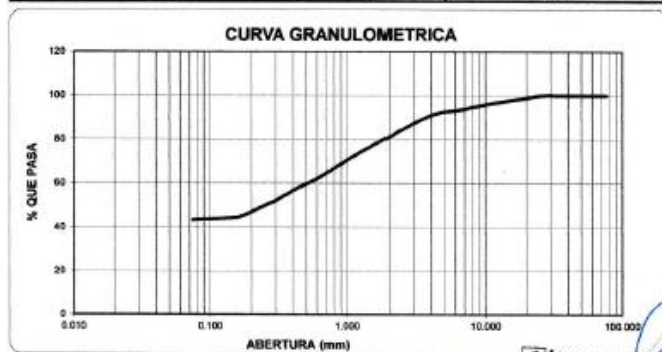
email: ingecoma_sao@outlook.es

f ingecoma_sao

Calicata número 04

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO ASTM D-422						
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZZO, LA LIBERTAD"					
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)					
CALICATA:	N° 04	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.90	
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZZO		
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL		
DATOS DEL ENSAYO						
PESO SECO INICIAL (gr.)	1602.07					
PESO SECO LAVADO (gr.)	908.86					
PESO PERDIDO POR LAVADO (gr.)	693.41					
PROGRESIVA 4+000						
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E ÍNDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 30.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 19.33
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 10.67
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SC
20#	19.050	19.70	1.23	1.23	98.77	Clas. AASHTO : A-6 (1)
10#	12.700	26.36	1.65	2.88	97.12	
40#	9.525	22.77	1.42	4.30	95.70	
100#	6.350	36.32	2.27	6.56	93.44	
N° 4	4.750	31.44	1.96	8.53	91.47	
8	2.360	119.60	7.47	15.99	84.01	P. Unitario : 1.540
16	1.180	42.63	2.66	18.65	81.35	
30	0.850	127.91	7.98	26.64	73.36	
60	0.600	88.57	5.53	32.18	67.82	
100	0.425	92.12	5.75	37.91	62.09	
200	0.250	73.81	4.59	42.51	57.49	
400	0.375	84.48	5.27	47.78	52.22	
800	0.180	35.74	2.23	50.01	49.99	
1600	0.106	66.78	4.17	54.18	45.82	
3000	0.075	22.21	1.39	55.57	44.43	
6000	0.042	18.42	1.15	56.72	43.28	
< 300		693.41	43.28	100.00	0.00	
Total		1602.07				



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

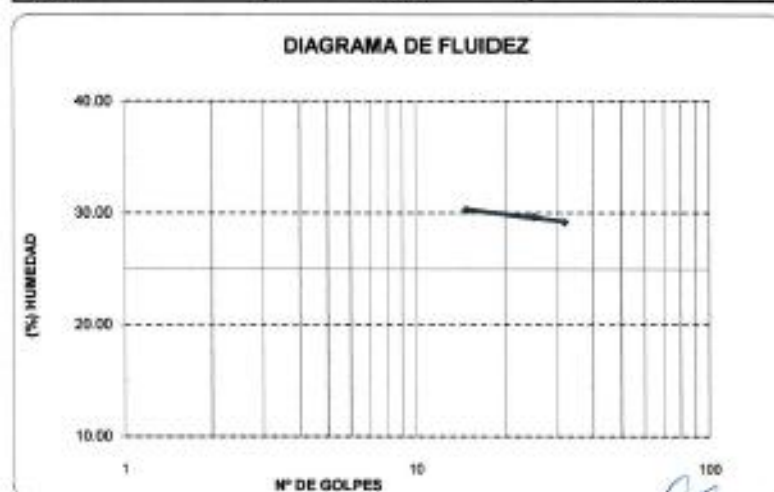
email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 04	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.9
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO		
FECHA:	JULIO	2018	DIST.	USQUIL	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	25	32	-	-	-
Peso tara (gr.)	32.05	32.59	32.03	19.46	19.38	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	41.92	41.34	41.47	19.70	19.51	
Peso tara + suelo seco (gr.)	41.26	40.94	40.93	19.66	19.49	
Humedad %	30.28	29.83	29.19	19.40	19.27	
Límites	30.00			19.33		



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
R. CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 04	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.90
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.08	36.43
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	170.93	176.91
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	157.28	162.41
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	118.20	123.98
PESO DE AGUA	(gr.)	13.65	14.50
% DE HUMEDAD		11.55	11.70
% DE HUMEDAD PROMEDIO		11.62	


PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PIGNOMETRO	(cm ³)	2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	4005.00
PESO DEL PIGNOMETRO	(gr.)	1605.00
PESO DEL PIGNOMETRO + MUESTRA	(gr.)	6410.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.719
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.540


 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS
 N° CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 940401203 RPC: 992353278 TEL: 044 601374


email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoms_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMACO, TRAMO SAN LUIS-GANTA CIRCUM, DISTRITO DE USQUE, DTLAZO LA LIBERTAD					
DELEGANTE:	HIMARIZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CP N° 181235)					
CALCATA:	N° 34	MUESTRA:		E1, E2		
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PRDV.	CRUZCOS			
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUE		

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUELO	Clasificación AASHTO	Símbolo
3.10	CALCATA N° 34	E1	Arena con aglomerante arcilloso, 63.58% de arena que pasa la malla N°200, 8.50% de grava y 48.19% de arcilla, material de color marrón claro. Existe presencia de pedrisco lavado mayor a 2" hasta 7".	SC	A - 8 (7)	
3.20		E2	MAHÓ RICOSO			
3.30						
3.40						
3.50						
3.60						
3.70						
3.80						
3.90						
4.00						
4.10						
4.20						
4.30						
4.40						
4.50						
4.60						
4.70						
4.80						
4.90						
5.00						
5.10						
5.20						
5.30						
5.40						
5.50						


Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
445 S. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
P.O. 181235

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

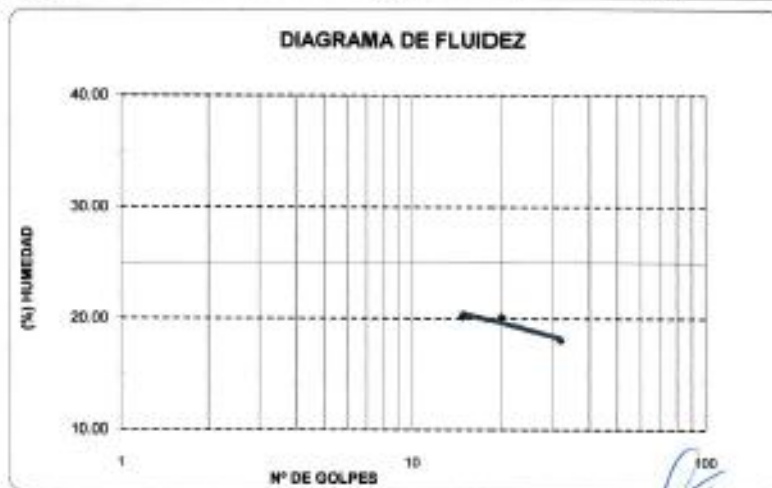
email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 05	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	1.5
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	20	32	-	-	-
Peso tara (gr.)	18.73	18.73	18.85	13.88	14.13	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	22.48	22.48	21.56	14.06	14.32	
Peso tara + suelo seco (gr.)	21.85	21.88	21.23	14.04	14.29	
Humedad %	20.19	20.13	18.67	15.38	15.85	
Límites	19.00			15.62		



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
DPTO. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
R. CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 988461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALCATA:	N° 05	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	1.50
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD				
ASTM D - 2216				
DESCRIPCIÓN				
PESO DE TARRO	(gr.)	39.59		39.06
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	182.38		184.23
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	172.88		165.78
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	133.29		116.70
PESO DE AGUA	(gr.)	9.50		8.45
% DE HUMEDAD		7.13		7.24
% DE HUMEDAD PROMEDIO				7.18

PESO UNITARIO VOLUMETRICO	
ASTM-D-1587	
VOLUMEN DEL PICNOMETRO	(cm ³) 2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.) 3095.00
PESO DEL PICNOMETRO	(gr.) 1605.00
PESO DEL PICNOMETRO + MUESTRA	(gr.) 5200.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³) 1.286
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³) 1.200

INGEOMA

Jos. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 Ing. Mecánico y Mecánica de Suelos Acreditado
 R. C. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374


email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE APÍRAMO, TRAMO SAN LUIS-SANTA COCLA, DISTRITO DE USQUEL, OTUZZO, LA LIBERTAD"				
ENCARGADO:	HUMANO SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALDAS (REG. CP N° 181221)				
CALECATA:	N° 05	MUESTRA:		E1	
SUBCACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZZO	
FECHA:	JULIO	2019	DEST.	USQUEL	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. (m)	Tipo de Examinación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Símbolo
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00 3.10 3.20 3.30 3.40 3.50	CALECATA N° 05	E1	Arena con aglomerante limoso, con contenido de grava: 12.28% de fines que pasa la malla N° 200, 21.04% de grava y 56.71% de arena, material de color crema. Existe presencia de piedra (tamaño mayor a 2" hasta 6").	SM	A-1 - 0 (0)	



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcarde
47176 JARDINEROS 4000000 96.25 (NOROCC)
R. C.P. 181231

INGEOMA
Ing. Roberto Carlos Salazar Aldas
4716 USQUEL OTUZZO (CALLE 101 N° 181221)

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolog. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992353275 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

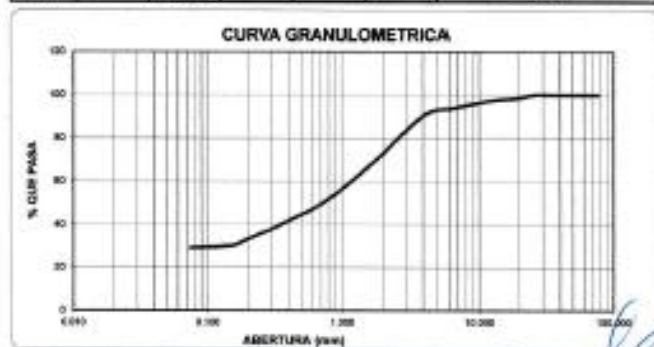
f ingeoma_sac

Calicata número 06

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO ASTM D-422

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE APRIMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTAZO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	HERRERA SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ARIEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (PRO. CP N° 10425)				
CALCULO:	N° 00	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.50
UBICACION:	DMP:	LA LIBERTAD	PROV:	OTAZO	
FECHA:	JULIO	2019	DIET:	UNIQUEL	
DATOS DEL ENSAYO					
PESO SECO PASA	gr.	1518.73	PROGRESIVA 6+800		
PESO SECO LAVADO	gr.	1274.06			
PESO PERDIDO POR LAVADO	gr.	442.67			
Tamiz	Abertura en mm.	Peso Retenido	Substrato Parcial	Substrato Acumulado	% que Pasa
2"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	40.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	22.46	1.48	1.48	98.52
20"	75.000	13.98	0.92	2.40	97.60
15"	37.500	21.35	1.41	3.81	96.19
12 1/2"	31.500	34.46	2.27	6.08	93.92
10"	25.000	41.26	2.77	8.85	91.15
7 1/2"	18.750	208.20	13.80	22.65	77.35
6"	15.000	71	4.58	27.23	72.67
5"	12.500	180	11.40	38.63	61.37
4"	10.000	190	12.40	51.03	48.97
3 1/2"	8.750	32.32	2.13	53.16	46.84
3"	7.500	58.77	4.53	57.69	42.31
2 1/2"	6.250	59.80	4.56	62.25	37.75
2"	5.000	32.46	2.01	64.26	35.74
1 1/2"	3.750	58.45	3.85	68.11	31.89
1"	2.500	27.27	1.80	69.91	30.09
3/4"	1.900	15.8	1.04	70.95	29.05
3/8"	1.180	442.67	29.19	100.00	0.00
Total		1518.73			



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
PRO. CP N° 10425

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101291)				
CALICATA:	N° 06	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.5
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	DIST.	USQUIL
FECHA:	JULIO	2018			

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	18	25	-	-	-
Peso tara (gr.)	38.79	40.06	39.02	19.97	19.69	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	42.23	43.52	42.20	21.14	20.75	
Peso tara + suelo seco (gr.)	41.53	42.85	41.59	20.96	20.60	
Humedad %	25.55	24.01	23.74	18.42	18.48	
Límites	24.00			16.45		



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA DE SUELOS Y GEOTECNIA
N.º 101291

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 94661203 RPC; 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 05	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.50
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	30.58	28.65
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	132.85	130.10
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	124.41	121.05
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	93.82	92.18
PESO DE AGUA	(gr.)	8.44	9.07
% DE HUMEDAD		9.00	9.84
% DE HUMEDAD PROMEDIO		9.42	

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587	
VOLUMEN DEL PICNOMETRO	(cm ³) 2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.) 3515.00
PESO DEL PICNOMETRO	(gr.) 1805.00
PESO DEL PICNOMETRO + MUESTRA	(gr.) 5120.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³) 1.258
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³) 1.150

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
AP. 12, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - W. TRUJILLO
A. CIP. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 946461253 RPC: 982363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.as

f ingeoma_sac



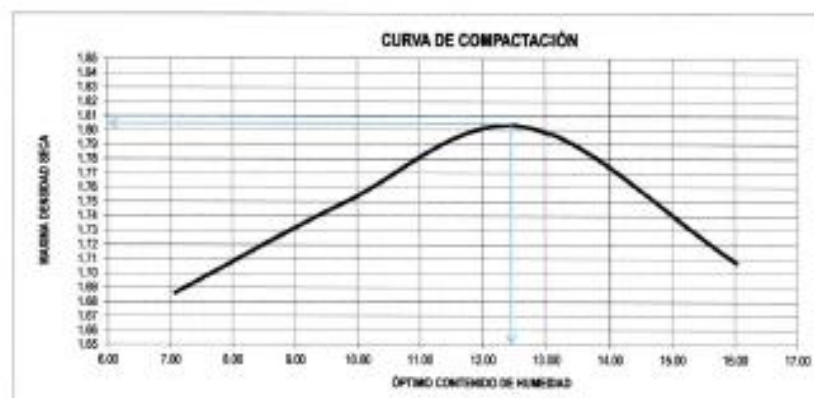
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO A
ASTM D-1557

PROYECTO : OBRERO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL,
OTUZZO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : HUAPAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL
UBICACIÓN : USQUIL - OTUZZO - LA LIBERTAD
FECHA : JULIO DEL 2018

MUESTRA M-1 CALICATA C-06

Molde N°	5-120
Peso del Molde gr	4015
Volumen del Molde cm ³	911.96
N° de Capas	3
N° de Golpes por capa	25

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr)	5990.30	5765.30	5855.00	5850.20		
Peso de Molde (gr)	4015.30	4015.30	4015.00	4015.20		
Peso del suelo Húmedo (gr)	1975.00	1750.00	1840.00	1835.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.85	1.82	1.85	1.86		
CAPSLA N°	141	142	143	144	145	146
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr)	197.30	195.50	197.00	191.20		
Peso de suelo seco + Capsula (gr)	190.14	186.81	183.20	182.50		
Peso de Agua (gr)	7.16	8.69	13.80	8.70		
Peso de Capsula (gr)	26.51	26.57	26.10	26.13		
Peso de Suelo Seco (gr)	173.63	160.24	157.10	156.37		
% de Humedad	3.08	5.19	8.85	5.63		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.68	1.75	1.80	1.77		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.885
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.500

INGEOMA
Ing. Roberto Carlos Salazar Alvarado
20 de Julio de 2018
10-779

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461293 RPC: 962363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NTP 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS - SANTA CRUZ, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD		
SOLICITANTE	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL	CERTIFICADO	SR - 008
RESPONSABLE	ING. ROBERTO C. SALAZAR AL CALDE (REG. CP N° 181231)	FECHA	14-09
MUESTRA	C4 - ESTRATO E-1 (0.30 - 0.50 m)	CLASIF. (SUCS)	SC
UBICACION	USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD	PROVINCIA	PATAZ
		CLASIF. (AASHTO)	A-2 (410)

COMPACTACION						
Molde N°	1	2	3			
Capas N°	5	4	5			
Grupos por capa N°	55	75	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12082.00	12083.00	11724.00	11801.00	10857.00	11773.00
Peso de molde (g)	7763.00	7763.00	7585.00	7585.00	7587.00	7587.00
Peso del suelo húmedo (g)	4319.00	4320.00	4139.00	4215.00	3270.00	4186.00
Volumen del molde (cm³)	2127.00	2147.11	2125.00	2156.33	2123.00	2155.49
Densidad húmeda (g/cm³)	2.031	2.012	1.945	1.955	1.539	1.896
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	777.00	1083.33	800.50	1176.60	597.50	1235.30
Peso suelo seco + tara (g)	695.50	968.10	719.30	1024.50	539.50	1093.30
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	88.40	125.90	90.20	151.80	88.50	136.90
Peso de suelo seco (g)	695.50	968.10	719.30	1024.50	539.50	1093.30
Contenido de humedad (%)	12.49	12.91	12.54	14.81	16.45	16.67
Densidad seca (g/cm³)	1.888	1.782	1.737	1.703	1.316	1.617

EXPANSION									
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL
				mm	%		mm	%	
14-09	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
14-09	10:00	24	25	0.040	0.57	40	1.168	1.01	88
14-09	10:00	48	35	0.089	0.77	80	1.324	1.32	84
14-09	10:00	72	41	1.043	0.90	85	1.651	1.43	89
14-09	10:00	96	43	1.082	0.95	87	1.702	1.47	91

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		0	24.7			1	11.2			1	4.5		
1.270		1	35.2			2	24.7			2	11.2		
1.905		1	83.2			10	42.7			5	20.2		
2.540	30.455	25	110.1	110.4	8.1	15	56.2	54.9	4.0	7	29.2	28.6	2.1
3.175		37	164.1			19	81.2			10	42.7		
3.810	105.682	49	204.6	205.4	10.0	24	105.6	108.1	5.5	15	56.2	55.0	2.6
4.445		64	285.5			35	155.1			17	74.2		
5.080		81	361.9			43	191.1			21	92.1		
5.715		95	415.9			50	225.5			25	118.1		

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
ALCALDE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIAS
N° 014 10/21

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363276 TEL: 044 601374

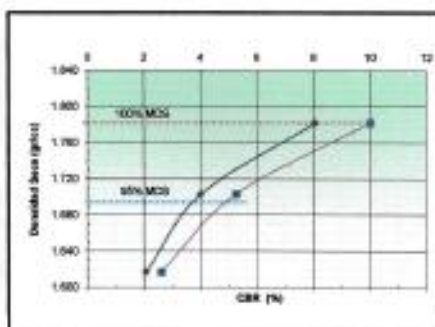
email: ingeoma_sao@outlook.es

 ingeoma_sao

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NTP 339.145 / ASTM D - 1883

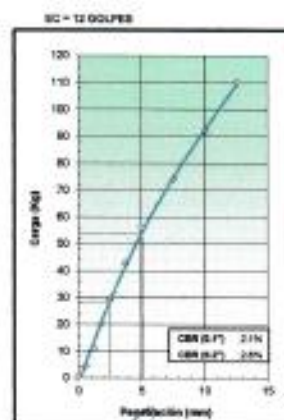
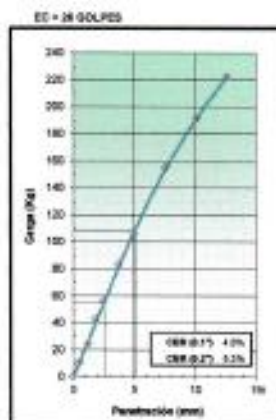
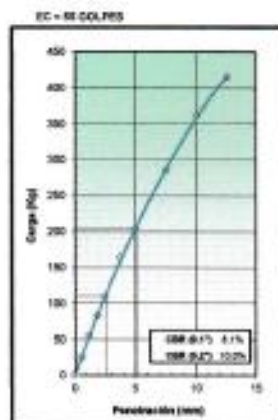
PROYECTO	TERMINO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO TRAMO SAN LUIS - SANTA CRISTINA, DISTRITO DE USQUEL, OTUSCO, LA LIBERTAD		
SOLICITANTE	HUMAZA SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL	CERTIFICADO	291 - 030
RESPONSABLE	ING. RODRIGO C. SALAZAR ALCALDE (R.C. CP N° 101231)	FECHA	2.2.19
MUESTRA	C-6 - ESTRATO E-1 (0.00 - 0.50 m)	CLAS. (BRUCE)	9C
UBICACION	USQUEL - OTUSCO - LA LIBERTAD PROVINCIA PATAZ	CLASIF. (AASHTO)	A-2-4(3)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.702
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.9
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.603

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	0.39	0.2"	10.00
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	3.50	0.2"	4.80

OBSERVACIONES:



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alvarado
 R.C. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II


CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFREDDO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUSCO, LA LIBERTAD				
ENCARGADO:	HERRERA SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ADEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CP N° 30320)				
CALEFATA:	10' 00"	MUESTRA:		E1, E2	
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. OTUSCO		DIST. USQUIL	
FECHA:	JULIO	2016		DET.	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALEFATA 10' 00"	E1	arena con aglomerante limoso, con contenido de grava: 12.25% de fines que pasa la malla N°200, 11.37% de grava y 86.71% de arena, material de color blanco. Existe presencia de pedris tamaño mayor a 2" hasta 8".	SC	A-2-4 (0)	
0.20		E2	BARRO ROJO			
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10						
2.20						
2.30						
2.40						
2.50						
2.60						
2.70						
2.80						
2.90						
3.00						
3.10						
3.20						
3.30						
3.40						
3.50						

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
ING. DE MONITOREO DE OBRAS DE SUELOS Y MATERIALES
R. CP 15123

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948481203 RPC: 992363278 TEL.: 044 801374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

Calicata número 07

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS MECANICO POR TAMEZADO
ASTM D-422

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE URQUIL, OTUCO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	HUMAZ BANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ANDI				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CP N° 40125)				
CALICATA:	N° 07	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.50
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	OTUCO	DIST.	URQUIL
FECHA:	JULIO	2019			

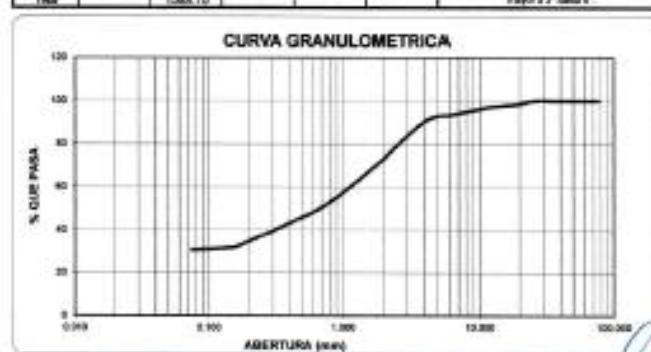
DATOS DEL ENSAYO		PROGRESIVA T+000
PESO SECO INICIAL	gr 1	1585.10
PESO SECO LAVADO	gr 2	1130.20
PESO PULVERO POR LAVADO	gr 3	457.90

Tamiz	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido	% Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
2"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	65.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Límite - 25.00
1"	40.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico - 16.70
1 1/8"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico - 8.24
3/4"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. USCS - SC-SM
3/8"	19.000	29.30	1.90	1.90	98.10	Clas. SARETO - A-2-4 (S)
1/2"	12.500	15.80	0.99	2.89	97.11	
3/16"	9.500	23.17	1.46	4.35	95.65	
1/4"	6.350	34.10	2.20	6.55	93.45	
N° 4	4.750	43.81	2.76	9.31	90.69	
5	3.360	211.67	13.33	22.64	77.36	
10	2.000	73.50	4.63	27.27	72.73	
15	1.180	190.28	11.99	39.26	60.74	
20	0.850	110.21	6.94	46.20	53.80	
25	0.600	90.24	5.70	51.90	48.10	
30	0.425	66.14	4.23	56.13	43.87	
35	0.300	18.10	1.14	57.27	42.73	
40	0.250	31.27	1.97	59.24	40.76	
45	0.180	66.90	4.23	63.47	36.53	
50	0.150	29.57	1.87	65.34	34.66	
60	0.075	17.33	1.10	66.44	33.56	
75	0.075	17.33	1.10	67.54	32.46	
100	0.075	17.33	1.10	68.64	31.36	
200	0.075	17.33	1.10	69.74	30.26	
425	0.075	17.33	1.10	70.84	29.16	
750	0.075	17.33	1.10	71.94	28.06	
1060	0.075	17.33	1.10	73.04	26.96	
2000	0.075	17.33	1.10	74.14	25.86	
4750	0.075	17.33	1.10	75.24	24.76	
7500	0.075	17.33	1.10	76.34	23.66	
10600	0.075	17.33	1.10	77.44	22.56	
15000	0.075	17.33	1.10	78.54	21.46	
20000	0.075	17.33	1.10	79.64	20.36	
25000	0.075	17.33	1.10	80.74	19.26	
30000	0.075	17.33	1.10	81.84	18.16	
35000	0.075	17.33	1.10	82.94	17.06	
40000	0.075	17.33	1.10	84.04	15.96	
45000	0.075	17.33	1.10	85.14	14.86	
50000	0.075	17.33	1.10	86.24	13.76	
55000	0.075	17.33	1.10	87.34	12.66	
60000	0.075	17.33	1.10	88.44	11.56	
65000	0.075	17.33	1.10	89.54	10.46	
70000	0.075	17.33	1.10	90.64	9.36	
75000	0.075	17.33	1.10	91.74	8.26	
80000	0.075	17.33	1.10	92.84	7.16	
85000	0.075	17.33	1.10	93.94	6.06	
90000	0.075	17.33	1.10	95.04	4.96	
95000	0.075	17.33	1.10	96.14	3.86	
100000	0.075	17.33	1.10	97.24	2.76	
105000	0.075	17.33	1.10	98.34	1.66	
110000	0.075	17.33	1.10	99.44	0.56	
115000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
120000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
125000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
130000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
135000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
140000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
145000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
150000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
155000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
160000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
165000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
170000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
175000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
180000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
185000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
190000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
195000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	
200000	0.075	17.33	1.10	100.00	0.00	

RESUMEN DE RESULTADOS

Clasificación: **SC-SM**

Observaciones: **Alfalfa con aglomerante arcilloso y arena 30.17% de arena que pasa la criba N° 200, 5.08% de grava y 64.75% de arena, material de corte cuando. Existe presencia de plásticos laminares (tipo 1) a 2" hasta 0".**



INGEOMA
Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
P.E. INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
N° 40125

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 07	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.5
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO		
FECHA:	JULIO	2018	DIST.	USQUIL	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	17	28	-	-	-
Peso tara (gr.)	38.79	40.06	39.02	19.97	19.09	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	43.25	44.56	43.21	22.15	21.76	
Peso tara + suelo seco (gr.)	42.28	43.06	42.43	21.84	21.40	
Humedad %	27.79	25.09	22.87	16.58	16.95	
Límites	23.00			16.78		



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
AP. 18 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - TRUJILLO
CIP 10-211

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 07	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.50
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216				
DESCRIPCIÓN				
PESO DE TARRO	(gr.)	30.59		29.85
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	133.54		131.59
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	125.61		123.17
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	55.02		94.32
PESO DE AGUA	(gr.)	7.93		8.42
% DE HUMEDAD		8.35		8.93
% DE HUMEDAD PROMEDIO				8.64

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1557	
VOLUMEN DEL PICHNOMETRO	(cm ³) 2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.) 3590.00
PESO DEL PICHNOMETRO	(gr.) 1605.00
PESO DEL PICHNOMETRO + MUESTRA	(gr.) 5185.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³) 1.291
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³) 1.179

INGEOMA
Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
494 9 18740003 / 494 9 18740003
CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO-101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Ay. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 801374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUSCO, LA LIBERTAD				
INICIANTES:	HUMARIZ RAMÍREZ LUIS y RAMÍREZ RODRÍGUEZ ANDRÉS				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. C. P. N° 101231)				
CALECATA:	SP 07	MUESTRA:		E1, E2	
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. OTUSCO		OTUSCO	
FECHA:	JULIO	2019	05/07	USQUIL	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALECATA N° 07	E1	Arena con aglomerante arcilloso y limoso; 86.12% de finos que pasa la malla N°200, 6.38% de grava y 86.18% de arena; material de color marfil. Estado presencia de pedris de tamaño mayor a 2" hasta 3"	SC-SM	A-2-4 (6)	
0.20		E2	TIANTO ROCOSO			
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10						
2.20						
2.30						
2.40						
2.50						
2.60						
2.70						
2.80						
2.90						
3.00						
3.10						
3.20						
3.30						
3.40						
3.50						

INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 475 E. USQUIL OTUSCO DE LA LIBERTAD
 E. CP. 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 946461203 RPC; 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

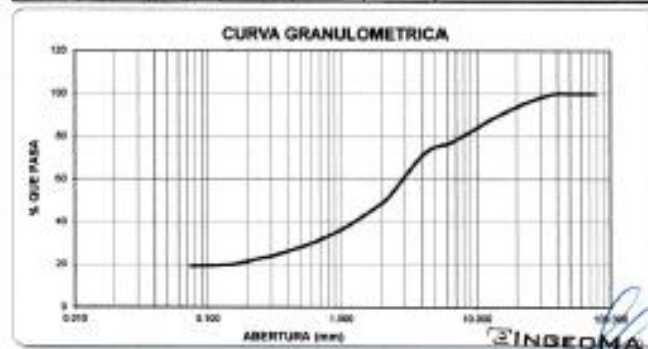
f ingeoma_sac

Calicata número 08

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO ASTM D-422

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	HUIRAZ SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ADEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 10137)				
CALICATA:	N° 08	MUESTRA:		S-1	ESTRATO: 1.00
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIAS	USQUIL	
DATOS DEL ENSAYO					
PESO SECO INICIAL	gr	2027.17	PROGRESIVA S+900		
PESO SECO LAVADO	gr	1688.08			
PESO PORCENT POR LAVADO	gr	836.09			
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Retenido	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
ASTM	mm	g	Porcent	Porcent	
2"	76.200	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	L _u Límite : 21.90
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	L _p Plástico : 16.30
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	Ind. Plástico : 4.87
3/8"	9.525	68.36	3.37	96.63	Clas. SUCS : SC-6M
20"	19.050	67.14	3.31	96.69	Clas. AASHTO : A-1-B-05
10"	12.500	110.30	5.44	94.56	
75"	6.350	126.26	6.18	93.82	
47.5"	4.750	108.47	5.35	94.65	
4"	2.000	282.83	13.95	86.05	
3"	2.000	88.81	4.38	95.62	
2"	1.180	790.27	39.03	60.97	
1.5"	0.850	18.32	0.90	99.10	
1"	0.600	18.42	0.91	99.09	
0.75"	0.475	68.21	3.32	96.68	
0.6"	0.250	66.44	3.28	96.72	
0.425"	0.250	18.35	0.90	99.10	
0.3"	0.150	42.35	2.09	97.91	
0.25"	0.100	20.99	1.04	98.96	
0.15"	0.075	13.19	0.65	99.35	
< 0.075"		380.08	18.75	81.25	
Total		2027.17		100.00	



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
2019 JUN 20 14:00:00
R. C. SAL. 14/12/19

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424						
PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD					
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)					
CALICATA:	N° 08	MUESTRA:		E-1	ESTRATO:	I
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD		PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO		2019	DIST.	USQUIL	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	16	21	33	-	-	-
Peso tara (gr.)	18.73	18.73	18.85	13.88	14.13	-
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	23.50	23.51	22.57	14.17	14.41	-
Peso tara + suelo seco (gr.)	22.53	22.73	21.85	14.13	14.37	-
Humedad %	23.85	22.90	29.06	16.00	16.67	-
Límites	21.00			16.33		



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 REG. DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS DEL D. N. 101231
 N. CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992353278 TEL: 044 501374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 08	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	1.00
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216			
DESCRIPCIÓN			
PESO DE TARRO	(gr.)	39.59	39.59
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	183.82	165.06
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	173.41	166.31
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	133.82	117.23
PESO DE AGUA	(gr.)	10.41	9.35
% DE HUMEDAD		7.78	7.98
% DE HUMEDAD PROMEDIO		7.88	


PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587	
VOLUMEN DEL PICNOMETRO	(ccs) 2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.) 3580.00
PESO DEL PICNOMETRO	(gr.) 1605.00
PESO DEL PICNOMETRO + MUESTRA	(gr.) 5185.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/ccs) 1.281
PESO UNITARIO (seco)	(gr/ccs) 1.188


 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 D.O. INGENIERO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIAS
 N° 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 801374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA DISTRITO DE USQUEL, OTUZCO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	MURRAY SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (PRO. CIP N° 107281)				
CALCATA:	N° 08	MUESTRA:		E1, E2	
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2010	DEP.	USQUEL	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestras	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00 3.10 3.20 3.30 3.40 3.50	CALCATA N° 08	E1	Arena con aglomerante arcilloso y arena, con contenido de grava: 15.19% de finos que pasa la malla N° 200, 28.23% de grava y 62.19% de arena, material de color arena. Existe presencia de pedrisco tamaño mayor a 2" hasta 5".	SC-SM	A - 1 - 2 (2)	
		E2	WANTO RECOSO	—	—	
<div> Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde INGENIERO MECANICO S.C. N° 107281</div>						

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 922963278 TEL: 044 851374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

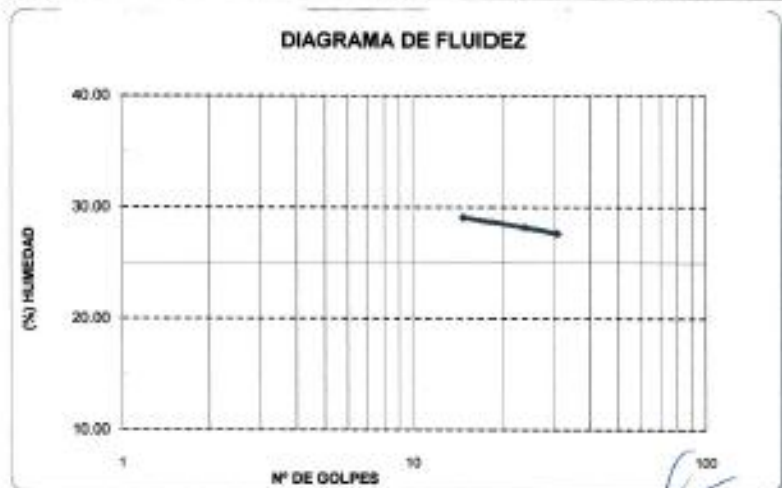
Calicata número 09

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS									
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO									
ASTM D-422									
PROYECTO:		CASEO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUSCO, LA LIBERTAD							
INDICANTE:		RUIRAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ARIEL							
RESPONSABLE:		ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP Nº 121231)							
CLASIFICACIÓN:		MF 99	MUESTRA:		S-1	ESTRATO:	0.80		
EDIFICACIÓN:		ODP	LA LIBERTAD		PROV.	OTUSCO			
EFECCIÓN:		JULIO	2016		DIRT.	USQUIL			
DATOS DEL ENSAYO									
POSO NEGATIVO:		Gr 1	1880.04						
POSO NEGATIVO LAVADO:		Gr 1	958.79						
POSO NEGATIVO POR LAVADO:		Gr 1	748.25						
PROGRESIVA 5+008									
Tamaño ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA			
75	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	N. Liquid	28.00		
150	150.000	0.00	0.00	0.00	100.00		19.51		
300	300.000	0.00	0.00	0.00	100.00		0.48		
475	475.000	0.00	0.00	0.00	100.00		SC		
75	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	Gras 40/100	A-6 (1)		
POSO ENTARBO VOLÚMETRICO									
Gr 1	4.176	33.14	1.97	9.99	91.41	N. Entarbo	1.556		
Gr 2	2.500	121.47	7.20	14.79	84.21				
Gr 3	2.000	44.26	2.63	18.42	81.58				
Gr 4	1.500	128.20	7.67	26.09	73.91				
Gr 5	0.850	30.30	3.36	31.44	68.56	CONTENIDO DE REJERADO			
Gr 6	0.600	94.20	9.99	37.03	62.97	Método	19.89		
Gr 7	0.420	79.10	4.46	41.49	58.51				
Gr 8	0.300	66.2	5.11	46.81	53.19				
Gr 9	0.250	37.86	2.28	49.85	51.15				
Gr 10	0.180	68.8	4.06	53.54	47.06	CONSERVACIONES			
Gr 11	0.150	24.10	1.43	54.37	45.63	Grava con agregados finos, en 44% de fines que pasa la criba N.º 20, 0.54% de gruesos y 95.07% de arenas, material de color marrón claro. Existe presencia de piedras tamaño mayor a 75 mm.			
Gr 12	0.075	20.05	1.10	55.56	44.44	Tabla 7.			
Total		748.25	44.44	100.00	0.00				
Total		1880.04							

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 151231)				
CALICATA:	N° 09	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.9
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV:	OTUZCO	DIST:	USQUIL
FECHA:	JULIO	2019			

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	18	24	31	-	-	-
Peso tara (gr.)	39.06	39.50	39.08	19.46	19.38	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	42.03	42.50	42.31	20.69	20.52	
Peso tara + suelo seco (gr.)	41.83	41.86	41.01	20.50	20.34	
Humedad %	29.09	29.19	27.67	18.27	18.75	
Límites	29.00			18.51		



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 CIP 151231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 09	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.90
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD				
ASTM D - 2216				
DESCRIPCIÓN				
PESO DE TARRO	(gr.)	38.08		38.43
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	171.63		177.08
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	158.57		163.51
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	119.49		125.08
PESO DE AGUA	(gr.)	13.06		13.57
% DE HUMEDAD		10.93		10.85
% DE HUMEDAD PROMEDIO				10.89

PESO UNITARIO VOLUMETRICO		
ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICHÓMETRO	(cm ³)	2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	4760.00
PESO DEL PICHÓMETRO	(gr.)	1605.00
PESO DEL PICHÓMETRO + MUESTRA	(gr.)	6365.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.703
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.536

INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 DE LA LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS - OTUZCO
 R. CIP 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 940461203 RPC: 952353278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

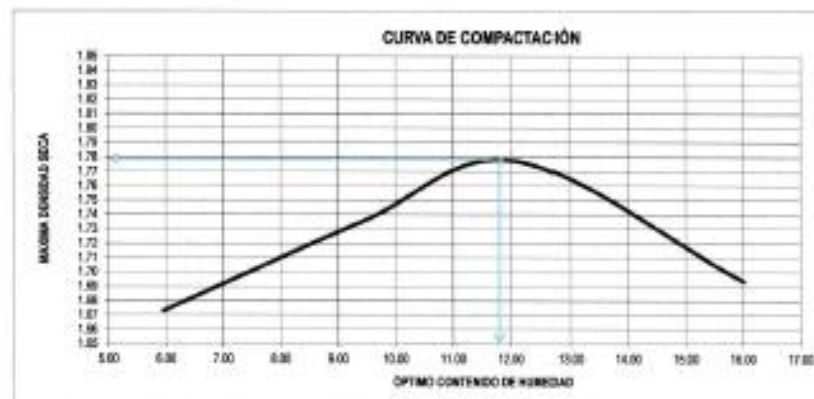
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO A
ASTM D-1557

PROYECTO : TUBERO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE ARRIVADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA COCULIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : HUARAZ SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL
UBICACIÓN : USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD
FECHA : JULIO DEL 2019

MUESTRA N-1 CALICATA C-06

Molde N°	5-115
Peso del Molde gr.	4075
Volumen del Molde cm ³	997.06
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	25

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	5630.00	6088.00	5870.20	5658.00		
Peso de Molde (gr.)	4075.00	4075.00	4075.00	4075.00		
Peso de Suelo Húmedo (gr.)	1555.00	1733.00	1795.20	1583.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.57	1.96	1.99	1.58		
CÁPSULA N°	1-01	1-02	1-03	1-04	1-05	1-06
Peso de Suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	158.84	118.21	168.36	172.01		
Peso de Suelo seco + Cápsula (gr.)	151.56	158.32	164.40	164.36		
Peso de Agua (gr.)	7.28	11.29	13.96	17.65		
Peso de Cápsula (gr.)	28.61	28.57	28.10	28.10		
Peso de Suelo Seco (gr.)	122.94	129.75	136.30	136.26		
% de Humedad	5.98	8.43	10.09	12.81		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.57	1.74	1.73	1.69		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.790
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.800

INGEOMA

Ing. Ruben Carlos Salazar Alvarado
 475 DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 R. C. 191771

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 952363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NTP 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS - SANTA CRUZ		
DISTRITO DE USQUIL - OTUCCO - LA LIBERTAD			
SOLICITANTE	HUAYAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL	CERTIFICADO	SR - 929
RESPONSABLE	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)	FECHA	14-18
MUESTRA	C-4 - ESTRATO E-1 (0.00 - 0.30 m)	CLASIF. (SUCE)	SC
UBICACION	USQUIL - OTUCCO - LA LIBERTAD	PROVINCIA	PATAJ
		CLASIF. (AASHTO)	A-4 (1.1)

COMPACTACION						
Molde N°	1	2	3	4	5	6
Capas N°	5	5	5	5	5	5
Capas por capa N°	25	25	25	25	25	25
Condiciones de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11992.00	11994.30	11999.00	11716.00	11607.90	11585.00
Peso de molde (g)	7761.00	7761.00	7596.00	7588.00	7681.00	7681.00
Peso del suelo húmedo (g)	4231.00	4233.30	4403.00	4128.00	3926.90	4004.00
Volumen del molde (cm³)	3128.00	3127.04	3125.00	3127.24	3125.00	3126.48
Densidad húmeda (g/cm³)	1.353	1.354	1.408	1.320	1.257	1.280
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	325.50	326.30	343.20	331.80	325.19	324.60
Peso suelo seco + tara (g)	647.20	646.80	693.10	663.60	646.32	646.90
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	79.40	79.40	79.20	79.20	79.20	79.20
Peso de suelo seco (g)	647.20	646.80	693.10	663.60	646.32	646.90
Contenido de humedad (%)	11.80	11.80	11.84	11.90	11.78	11.73
Densidad seca (g/cm³)	1.380	1.381	1.513	1.479	1.482	1.494

EXPANSION									
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	
				mm		mm		mm	%
14-18	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
14-18	10:00	24	28	0.711	0.61	28	0.711	1.08	1.54
14-18	10:00	48	36	0.816	0.79	36	0.800	1.30	1.87
14-18	10:00	72	43	1.042	0.91	43	1.032	1.47	2.08
14-18	10:00	96	45	1.145	0.99	49	1.153	1.53	2.10

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
mm	kg/cm²	Dial (mm)	kg	kg	%	Dial (mm)	kg	kg	%	Dial (mm)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		6	24.7			3	11.2			1.3	4.5		
1.270		12	51.7			6	24.7			3	11.2		
1.905		17	74.2			9	38.2			5	20.2		
2.540	70.455	22	101.3	100.3	7.4	12	51.7	51.2	3.8	7	29.2	29.3	2.0
3.175		27	150.6			15	79.7			9.3	40.4		
3.810		32	191.1	189.9	9.3	22	96.6	94.0	4.8	13	51.7	51.2	3.3
4.445	105.682	37	260.0			27	141.6			16	69.7		
5.080		42	315.0			35	177.5			20	87.6		
5.715		47	384.4			40	204.5			25	101.1		

INGEOMA
Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
D.T. 11, INGENIERO MECANICO SUELOS - PATATAJ
CIP 101231

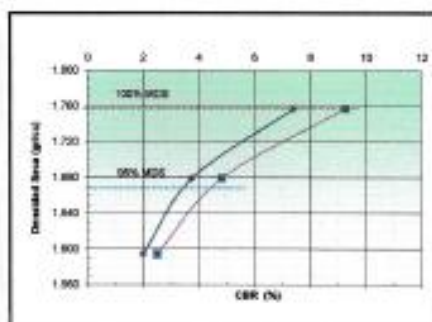
DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 562363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sao@outlook.es

 ingeoma_sao

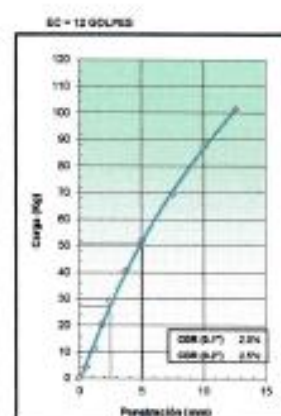
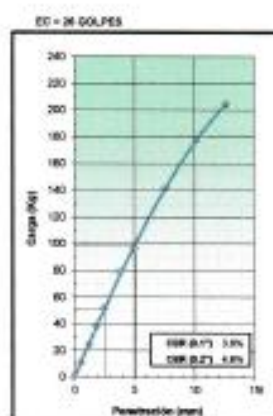
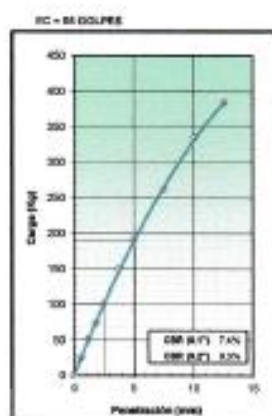
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)			
NTP 339.145 / ASTM D - 1883			
PROYECTO	TRAMO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TIRAMO SAN LUIS - SANTA CRUZ, DISTRITO DE USQUEL, OTUZCO, LA LIBERTAD		
SOLICITANTE	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL	CERTIFICADO	36 - 009
RESPONSABLE	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (RPL. CIP N° 131231)	FECHA	jun-19
MUESTRA	C-9 - ESTRATO E-1 (0.00 - 0.30 m)	CLAS. (USC30)	SC
UBICACION	USQUEL - OTUZCO - LA LIBERTAD - PROVINCIA: PUNAZ	CLASIF. (AASHTO)	A - 4 (1)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.757
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.2
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.659

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	1.42	0.2"	0.20
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	0.40	0.2"	0.44

OBSERVACIONES:



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 P.º S. INGENIERO MECANICO DE SUELOS Y MATERIAS
 N.º 101714

DIRECCION: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 982363278 TEL: 044 601374



email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	TRABAJO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUSCO, LA LIBERTAD				
SOLICITANTE:	HUANUZ SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (RNE D.P. N° 101231)				
CALECATA:	RP 09	MUESTRA:		E1, E2	
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUSCO	
FECHA:	AÑO	2019	DÍA	USQUIL	

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SBC	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALECATA N° 09	E1	Arilla con aglomerante artificial: 45.64% de arena que pasa la malla N°200, 6.88% de grava y 47.48% de arena, material de color blanco. Escudo presencia de pedris tamaño mayor a 2" hasta 7"	SC	A-4 (1)	
0.20		E2	WASTO ROCCO	---	---	
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10						
2.20						
2.30						
2.40						
2.50						
2.60						
2.70						
2.80						
2.90						
3.00						
3.10						
3.20						
3.30						
3.40						
3.50						



Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
Ing. E. JUANES DE SALAZAR ALCALDE
R. C. 101231

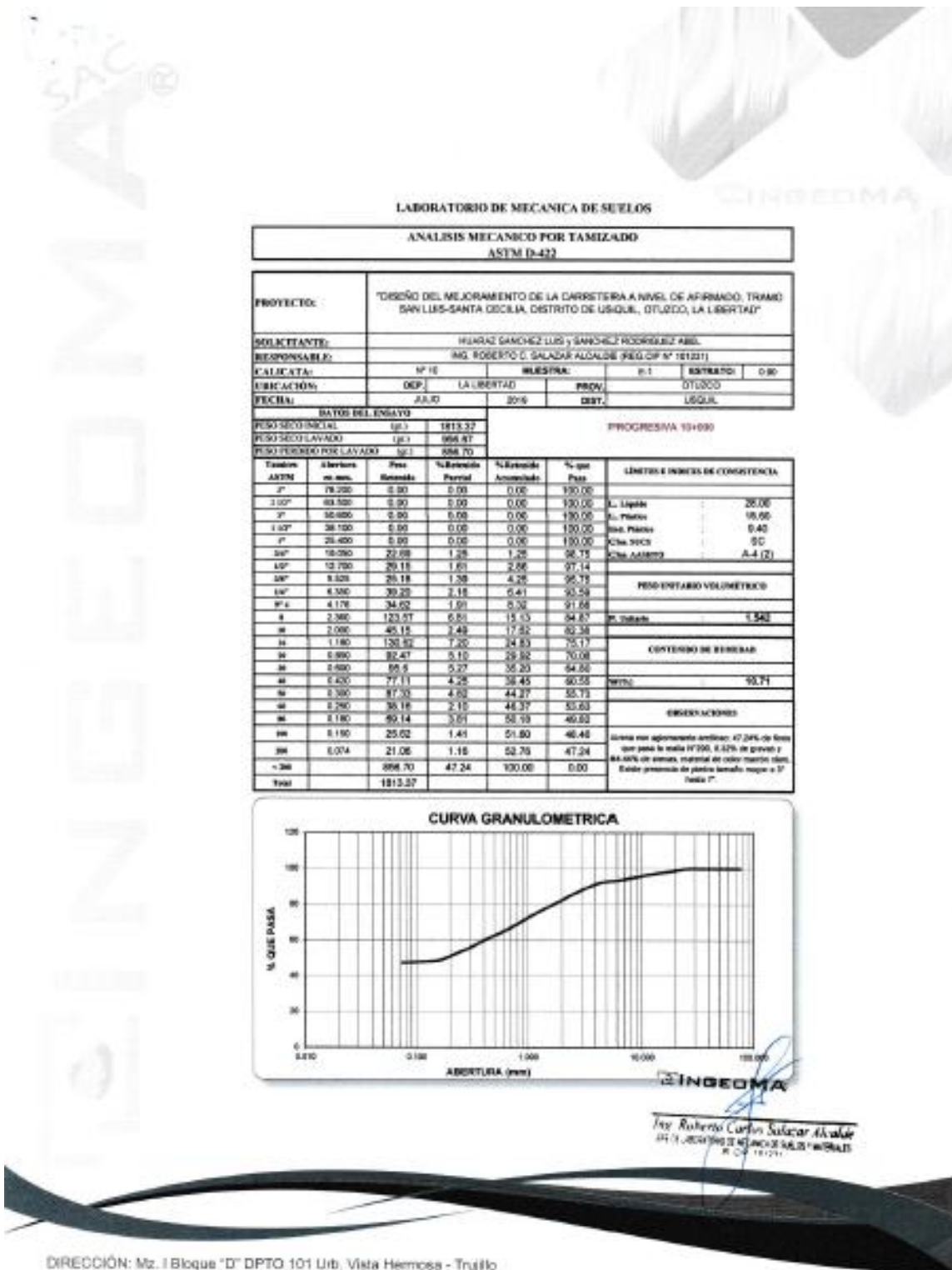
DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 R/P: 992363276 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

Calicata número 10



DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 601374

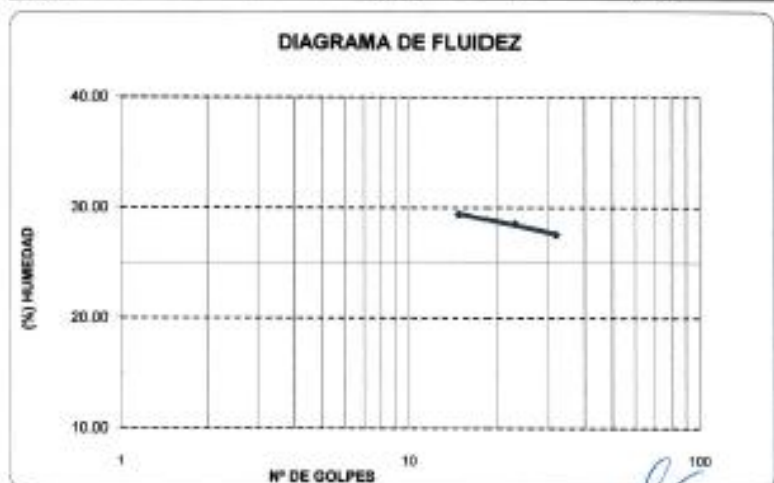
email: ingeoma_sao@outlook.as

ingeoma_sao

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D-423/D-424					
PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUE, OTUZZO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 10	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.9
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV.	OTUZZO		
FECHA:	JULIO	2019	ANST.	USQUE	

DATOS DEL ENSAYO						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
N° de golpes	15	25	32	-	-	-
Peso tara (gr.)	39.08	39.59	39.06	19.45	19.36	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	43.20	43.60	43.52	21.67	21.57	
Peso tara + suelo seco (gr.)	42.31	42.71	42.56	21.32	21.23	
Humedad %	29.41	28.53	27.89	18.82	18.38	
Límites	28.00			18.60		




 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 OF. DE ASISTENCIA MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIAS
 10/07/2019

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"				
SOLICITANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL				
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)				
CALICATA:	N° 10	MUESTRA:	E-1	ESTRATO:	0.90
UBICACIÓN:	DEP.	LA LIBERTAD	PROV.	OTUZCO	
FECHA:	JULIO	2019	DIST.	USQUIL	

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216				
DESCRIPCIÓN				
PESO DE TARRO	(gr.)	39.08		39.43
PESO DE TARRO + SUELO HUMEDO	(gr.)	172.61		178.14
PESO DE TARRO + SUELO SECO	(gr.)	159.62		164.69
PESO DE SUELO SECO	(gr.)	120.54		126.26
PESO DE AGUA	(gr.)	12.99		13.45
% DE HUMEDAD		10.78		10.65
% DE HUMEDAD PROMEDIO				10.71

PESO UNITARIO VOLUMETRICO ASTM-D-1587		
VOLUMEN DEL PICNOMETRO	(cm ³)	2794.47
PESO DE LA MUESTRA	(gr.)	4779.00
PESO DEL PICNOMETRO	(gr.)	1805.00
PESO DEL PICNOMETRO + MUESTRA	(gr.)	6375.00
PESO UNITARIO (humedo)	(gr/cm ³)	1.707
PESO UNITARIO (seco)	(gr/cm ³)	1.542

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
ING. CIVIL N° 101231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II


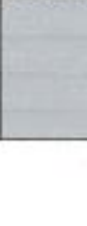






CEL: 948461203 RPC: 952353278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sec@outlook.es

f ingeoma_sec

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CRUZ, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD					
DEMANDANTE:	HUARAZ SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGO (ET APR)					
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. C. Nº 30221)					
CALCATA:	NP 15	MUESTRA:		E1, E2		
UBICACIÓN:	DEP. LA LIBERTAD	PROV. OTUZCO		DIST. USQUIL		
FECHA:	JULIO	2019	DET			

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
Prof. Mts	Tipo de Estratificación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Simbolo
0.10	CALCATA NP 15	E1	Arena con aglomerante arcilloso: 47.34% de finos que pasa la malla N°100; 0.02% de grava y 46.44% de arena; material de color marrón claro. Exento presencia de pedras tamaño mayor a 2" hasta 7".	SC	A-4 (2)	
0.20		E2	TIPO DE SUELO			
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10						
2.20						
2.30						
2.40						
2.50						
2.60						
2.70						
2.80						
2.90						
3.00						
3.10						
3.20						
3.30						
3.40						
3.50						
3.60						

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
INGENIERO MECANICO DE SUELOS NATURALES
Nº 10121

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CÉL: 946461203 RPC: 952363278 TEL: 044 601374

email: ingeoma_sao@outlook.es

f ingeoma_sao

Afirmado

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO
ASTM D-422

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL
UBICACION : Otuzco - La Libertad
FECHA : JULIO DEL 2019

CANTERA 17M. 76802ESTE,
 813040NORTE, MATERIAL
 AFIRMADO

DATOS DEL ENSAYO

Muestra : **MI**
 Peso de muestra seca : 2764.30
 Peso perdido por lavado : 410.85

RESULTADOS NATURALES	
Si + Fina	221.05
Si + Fina	215.55
Fina	30.18
Peso Agua	3.42
Peso Suelo Seco	195.17
Humedad (%)	3.44

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	% sobre Pasa
Nº 10	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
20	0.85	0.00	0.00	0.00	100.00
40	0.425	130.44	130.44	130.44	95.31
60	0.25	0.00	0.00	130.44	95.31
80	0.18	0.00	0.00	130.44	95.31
100	0.15	133.95	133.95	264.39	89.52
120	0.125	395.14	529.09	653.48	77.94
140	0.106	105.61	634.70	760.09	67.82
160	0.094	299.14	933.84	1059.23	58.73
Nº 20	0.85	143.30	1077.14	1220.44	45.81
30	0.60	251.11	1328.25	1481.55	33.29
40	0.425	48.15	1376.40	1529.70	31.54
60	0.25	119.94	1496.34	1646.64	27.42
80	0.18	54.15	1550.49	1700.79	24.45
100	0.15	55.24	1605.73	1756.03	21.77
120	0.125	45.58	1651.31	1801.61	18.99
140	0.106	75.55	1726.86	1877.16	15.52
160	0.094	19.47	1746.33	1896.63	13.32
200	0.075	69.92	1816.25	1966.55	10.07
250	0.063	17.86	1834.11	1984.41	8.52
300	0.050	8.82	1842.93	1993.23	7.29
400	0.038	4.93	1847.86	1998.16	6.29
500	0.030	1.82	1849.68	1999.98	5.29
1000	0.0075	0.00	1849.68	1999.98	5.29
1000		2044.30			

LÍMITES E ÍNDICES DE CONSISTENCIA	
L. Líquido	18.00
L. Plástico	13.80
Ind. Plástico	4.20
Clas. SUCS	GC-GM
Clas. AASHTO	A-1-a (0)

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
 Grava con aglomerante arcillo-limoso, con contenido de arenas, con un 12.96% de finos que pasa la malla Nº 200, 93.1% de grava y 27.9% de arenas.

DESCRIPCION DE LA CALICATA



INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alvarado
 P. E. INGENIERO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 N.º 10.171

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

ingeoma_sac

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

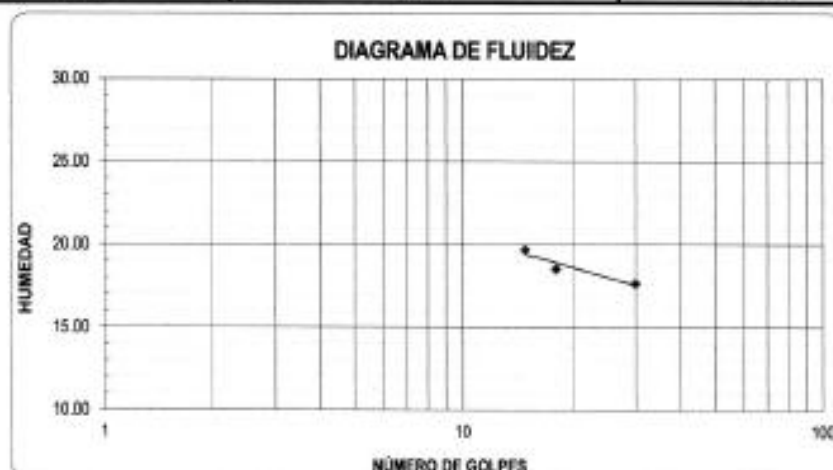
PROYECTO : "DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL

UBICACIÓN : Otuzco - La Libertad

FECHA : JULIO DEL 2019 CANTERA 17M, 760002ESTE, 9130420NORTE, MATERIAL AFIRMADO

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nº de golpes		15	18	30	-	-
Peso tara	(g)	19.01	19.38	19.97	14.30	14.40
Peso tara + suelo húmedo	(g)	23.39	22.90	23.84	14.53	14.64
Peso tara + suelo seco	(g)	22.67	22.35	23.26	14.50	14.61
Humedad %		19.67	18.52	17.83	13.86	13.74
Límites		18.00			13.80	



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
DPTO. DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - OTUZCO

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 982363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sao@outlook.es

f ingeoma_sao



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : "DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMAO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : HUARAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL

UBICACIÓN : Otuzco - La Libertad

FECHA : JULIO DEL 2019

CANtera 17M, 769902ESTE, 9130420NORTE, MATERIAL AFIRMAO

CONTENIDO DE HUMEDAD
D-2216

DESCRIPCIÓN	J-179	J-180
Peso de Tarro (gr.)	29.55	30.60
Peso de Tarro + Suelo Humedo (gr.)	227.10	219.02
Peso de Tarro + Suelo Seco (gr.)	220.22	213.07
Peso de Suelo Seco (gr.)	190.67	182.47
Peso de Agua (gr.)	6.88	5.95
% de Humedad (%)	3.61	3.26
% De Humedad Promedio (%)	3.43	

INGEOMA

[Firma]

Inge. Roberto Carlos Salazar Alcalde
DPTO. DE ASESORIA TECNICA DE OBRAS Y MATERIAS
A. C. P. 10111

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CÉL: 948461203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTUZCO, LA LIBERTAD"

ANALISIS GRANULOMETRICO - ASTM D422

CERTIFICADO N°:	001	MUESTRA:	M-1
REALIZADO POR:	INGECOMA SAC	MATERIAL:	Afirmado
FECHA DE MUESTREO:	20/7/2019	CANTERA:	OTUZCO
HORA DE MUESTREO:	1.00 p. m.	UBICACIÓN:	17M, 769902ESTE, 913542NORTE
FECHA DE ENSAYO:	30/7/2019	MUESTREADO POR:	SOlicitante

Malla Tamiz	Abert. mm.	Peso (gr)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Especificación A-1*	Descripción de la Muestra
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						Peso de la Muestra 2744.3
1 1/2"	38.100						Fracción Fina 410.8
1"	25.400				83.8	90	100
3/4"	19.050				77.9	65	100
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				57.8	45	80
1/4"	6.350						
4	4.750				42.8	30	65
6	2.360						
10	2.000				31.5	22	52
18	1.190						
30	0.840						
30	0.590						
40	0.425				21.8	15	35
50	0.297						
60	0.250						
100	0.149						
200	0.074				15.0	5	20
< 200	-						

* LA ESPECIFICACION ES EXTRAIDA DE LA TABLA 301-01 DEL MANUAL DE CARRETERAS, ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION, E.O. 2013 MTC.

SEGÚN LOS DATOS INGRESADOS PRODUCTO DE ANALISIS EFECTUADO EN LABORATORIO SE OBSERVA QUE EL MATERIAL CUMPLE EN TODOS LOS PARAMETROS PARA MATERIAL GRANULAR AFIRMADO PARA BASE A-1, EXCEDE LIGERAMENTE EN PIEDRA DE 1" ASIMISMO LA CURVA GRANULOMETRICA SE UBICA CENTRADA EN EL HUSO GRANULOMETRICO.



INGEMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alvarado
RUE DE LA AMISTAD 25 DE AGOSTO DE 1948 Y GUAYAS
P.O. BOX 100177

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO. 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 946461203 RPC: 982353278 TEL: 044-601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

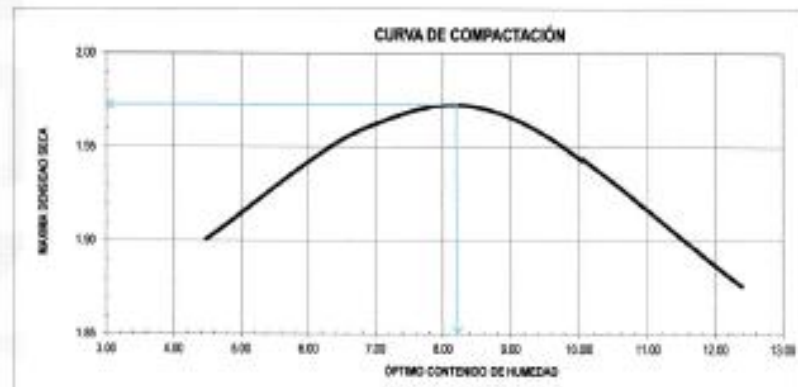
 ingjerdine 53C

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
METODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFERRADO, TRAMO SAN LUIS-SANTA CECILIA, DISTRITO DE USQUIL, OTAZO, LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : RUIRAZ SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL
 UBICACIÓN : Ocaso - La Libertad
 FECHA : JULIO DEL 2019 CAMPERA 17M, 1088E30E, 313040N07E, MATERIAL AFERRADO

Muestra N°	S - 123
Peso del Molde (gr.)	5020
Volumen del Molde (cm³)	2032.22
N° de Capas	5
N° de Cúmulos por capa	50

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	18204.30	15040.00	13875.70	12604.70		
Peso de Molde (gr.)	5020.00	5020.00	5020.00	5020.00		
Peso de suelo Húmedo (gr.)	13184.30	10020.00	8855.70	7584.70		
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.96	1.78	1.64	1.49		
CÁPSULA N°	141	142	143	144	145	146
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	215.70	190.60	167.40	151.40		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	225.50	180.80	150.50	131.70		
Peso de Agua (gr.)	1.20	9.80	11.90	9.00		
Peso de Cápsula (gr.)	30.30	20.30	20.10	20.10		
Peso de Suelo Seco (gr.)	185.20	160.50	130.40	111.60		
N de Humedad	4.47	6.08	9.08	12.58		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm³)	1.90	1.86	1.90	1.86		



Máxima densidad Seca (gr/cm³)	1.875
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.280

INGEOMA
 Ing. Rubén Carlos Salazar Alcalde
 DPTO. DE LABORATORIOS MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: (9846)1203 RPC: 992363278 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS - SANTA CECILIA,
 DISTRITO DE URQUILLO, OTUZCO, LA LIBERTAD
SOLICITANTE : HUARAZ SANCHEZ LUIS Y SANCHEZ RODRIGUEZ ADEL
RESPONSABLE : ING. ROBERTO CARLOS SALAZAR ALCALDE
CANTERA : CANTERA 17M, 70990205TE, 913043NORTE, MAT. AFIRMADO
UBICACION : OTUZCO - LA LIBERTAD
CERTIFICADO : C-001
FECHA : JULIO-19
CLASIF. (SUCS) : GC-GM
CLASIF. (ASBITO) : A-1-a (0)

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NTP 339.145 / ASTM D-1883

COMPACTACION

Molde N°	1	2	3			
Carga N°	5	5	5			
Códigos por carga N°	55	26	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12338.00	12346.06	11972.00	13984.00	11930.00	11917.00
Peso de molde (g)	7763.00	7363.00	3585.00	7585.00	7887.00	3687.00
Peso del suelo húmedo (g)	4545.00	4577.00	4387.00	4399.00	4223.00	4230.00
Volumen del molde (cm³)	2127.00	2135.42	2125.00	2136.32	2125.00	2136.87
Densidad húmeda (g/cm³)	2.137	2.143	2.064	2.059	1.989	1.978
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	767.39	1128.30	732.20	1113.30	804.60	1205.30
Peso suelo seco + tara (g)	708.50	1034.20	680.90	1036.40	761.30	1096.40
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	58.30	90.10	55.30	96.70	43.30	108.90
Peso de suelo seco (g)	708.50	1034.20	680.90	1036.40	761.30	1096.40
Contenido de humedad (%)	8.20	8.64	8.27	9.33	5.70	9.93
Densidad seca (g/cm³)	1.915	1.973	1.987	1.887	1.837	1.794

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION
				mm	%		mm	%
Jul-19	15:30	9	9	0	0	0	0	0
Jul-19	15:30	24	10	0.254	0.22	14	0.356	0.31
Jul-19	15:30	48	14	0.356	0.31	20	0.508	0.44
Jul-19	15:30	72	17	0.457	0.37	23	0.584	0.51
Jul-19	15:30	96	18	0.457	0.40	24	0.610	0.53

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. (kg/cm²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
mm		Dist (mm)	kg	kg	%	Dist (mm)	kg	kg	%	Dist (mm)	kg	kg	%
0.003		0	0			0	0			0	0		
0.635		80	267.5			32	141.6			15	65.2		
1.270		119	532.8			67	299.0			32	141.6		
1.905		195	853.5			99	442.9			47	206.1		
2.540	70.455	248	1112.8	1115.7	81.8	130	582.3	582.3	42.9	54	263.0	266.8	19.8
3.810		367	1643.9			192	861.8			87	388.0		
5.080	105.682	496	2093.1	2114.2	103.4	246	1103.9	1104.4	54.0	109	487.8	483.0	23.7
7.620		648	2911.4			340	1526.5			145	649.7		
10.160		772	3469.0			417	1873.8			179	802.0		
12.700		871	3923.2			483	2169.5			239	1073.5		

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 DE LA LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 01-01-19

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 992363278 TEL: 044 801374

email: ingeoma_sac@outlook.es

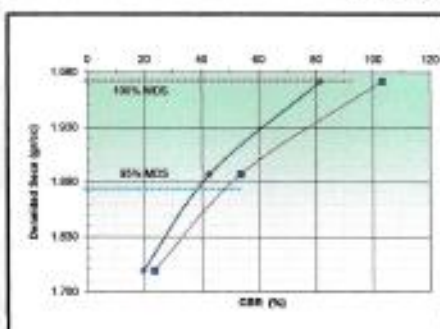
f ingeoma_sac

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: ORDEN DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO, TRAMO SAN LUIS - SANTA CECILIA.
SOLICITANTE: HUANNAZ SANCHEZ LUIS y SANCHEZ RODRIGUEZ ABEL.
RESPONSABLE: ING. ROBERTO CARLOS SALAZAR ALCALDE.
CANTERA: CANTERA 17M 70003ESTE, 9130430NORTE, MAT. AFIRMADO.
UBICACION: OTUZZO - LA LIBERTAD.

CERTIFICADO: C-061
FECHA: JULIO-19
CLASIF. (SUCS): GC-GM
CLASIF. (AASHTO): A-1-a(3)

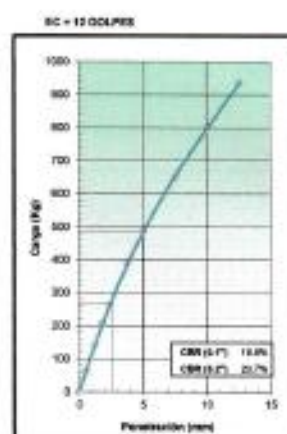
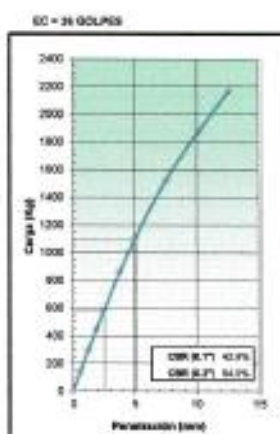
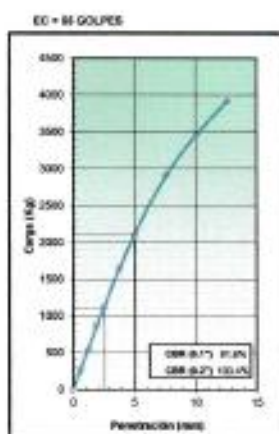
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NTP 339.145 / ASTM D - 1883



METODO DE COMPACTACION: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.872
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 8.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³): 1.870

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	6.1"	85.81	9.2"	100.47
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	6.1"	85.38	9.2"	96.15

OBSERVACIONES:



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 ING. DE LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 RPC: 952363278 **TEL:** 044-601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

f ingeoma_sac

ANEXOS 3 - CALCULO DE DISEÑO GEOMÉTRICO

CALCULO DE LA POLIGONAL (COORDENADAS)

AZIMUT INICIAL				coordenadas de A		coordenadas de B	
GRAD	MIN	SEG	ESTE	NORTE			
138	14	57.07	779987.27	9129595.07			
			777350.76	9130967.95			

Punto	LADO	DIST	SENT.	ANGULO			AZIMUT			PROYECCIONES		COORDENADAS		CORRECCION		PROY. CORR		COORDENADAS	
				GRA	M	S	GRA	M	S	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
A												779987.27	9129595.07					779987.27	9129595.07
	A-PI1	101.06					138	14	57	67.30	-75.40								
PI1			I	70	46	54.21						780054.57	9129519.67	0.00	0.00	67.30	-75.40	780054.57	9129519.67
	PI1-PI2	246.14					67°	28'	03"	227.35	94.32								
PI2			D	38	5	33.80						780281.92	9129613.99	0.00	0.00	227.35	94.32	780281.92	9129614.00
	PI2-PI3	151.87					105°	33'	37"	146.31	-40.74								
PI3			I	39	58	52.02						780428.23	9129573.25	0.00	0.00	146.31	-40.74	780428.23	9129573.26
	PI3-PI4	147.69					65°	34'	45"	134.48	61.06								
PI4			I	60	48	4.51						780562.71	9129634.31	0.00	0.00	134.48	61.06	780562.71	9129634.32
	PI4-PI5	144.18					04°	46'	40"	12.01	143.68								
PI5			D	63	1	50.81						780574.72	9129777.99	0.00	0.00	12.01	143.68	780574.72	9129778.00
	PI5-PI6	173.02					67°	48'	31"	160.20	65.35								
PI6			I	60	10	20.28						780734.92	9129843.34	0.00	0.00	160.20	65.35	780734.92	9129843.35
	PI6-PI7	229.48					07°	38'	11"	30.49	227.44								
PI7			D	80	45	22.35						780765.41	9130070.78	0.00	0.00	30.49	227.44	780765.41	9130070.79
	PI7-PI8	310.83					88°	23'	33"	310.71	8.72								
PI8			I	80	26	53.19						781076.12	9130079.50	0.00	0.00	310.71	8.72	781076.12	9130079.51
	PI8-PI9	316.41					07°	56'	40"	43.73	313.37								
PI9			D	156	58	13.17						781119.85	9130392.87	0.00	0.00	43.73	313.37	781119.85	9130392.88
	PI9-PI10	361.91					164°	54'	53"	94.19	-349.44								
PI10			I	92	55	49.61						781214.04	9130043.43	0.00	0.00	94.19	-349.44	781214.04	9130043.44
	PI10-PI11	156.46					71°	59'	03"	148.79	48.39								
PI11			I	88	14	5.24						781362.83	9130091.82	0.00	0.00	148.79	48.39	781362.83	9130091.83
	PI11-PI12	483.79					343°	44'	58"	-135.38	464.46								
PI12			I	15	21	18.29						781227.45	9130556.28	0.00	0.00	-135.38	464.46	781227.45	9130556.29
	PI12-PI13	219.94					328°	23'	40"	-115.26	187.32								
PI13			D	71	12	28.77						781112.18	9130743.60	0.00	0.00	-115.26	187.32	781112.18	9130743.61
	PI13-PI14	271.43					39°	36'	09"	173.03	209.14								

PI14			I	95	46	22.63						781285.21	9130952.74	0.00	0.00	173.03	209.14	781285.21	9130952.74
	PI14-PI15	163.43					303°	49'	46"	-135.76	90.98								
PI15			D	60	54	30.37						781149.45	9131043.72	0.00	0.00	-135.76	90.98	781149.45	9131043.73
	PI15-PI16	219.73					04°	44'	16"	18.15	218.98								
PI16			I	105	50	33.45						781167.60	9131262.70	0.00	0.00	18.15	218.98	781167.60	9131262.71
	PI16-PI17	238.20					258°	53'	43"	-233.74	-45.88								
PI17			I	77	31	34.83						780933.86	9131216.82	0.00	0.00	-233.74	-45.88	780933.86	9131216.83
	PI17-PI18	163.16					181°	22'	08"	-3.90	-163.11								
PI18			D	78	22	30.46						780929.96	9131053.71	0.00	0.00	-3.90	-163.11	780929.96	9131053.72
	PI18-PI19	248.00					259°	44'	39"	-244.04	-44.16								
PI19			D	148	33	27.63						780685.92	9131009.55	0.00	0.00	-244.04	-44.16	780685.92	9131009.56
	PI19-PI20	187.39					48°	18'	06"	139.92	124.65								
PI20			I	97	43	37.01						780825.84	9131134.21	0.00	0.00	139.92	124.65	780825.84	9131134.22
	PI20-PI21	127.42					310°	34'	29"	-96.78	82.88								
PI21			I	68	13	25.19						780729.06	9131217.09	0.00	0.00	-96.78	82.88	780729.05	9131217.10
	PI21-PI22	249.07					242°	21'	04"	-220.63	-115.58								
PI22			D	10	31	1.52						780508.43	9131101.51	0.00	0.00	-220.63	-115.58	780508.43	9131101.51
	PI22-PI23	177.42					252°	52'	05"	-169.55	-52.26								
PI23			I	35	1	19.88						780338.88	9131049.24	0.00	0.00	-169.55	-52.26	780338.88	9131049.25
	PI23-PI24	146.35					217°	50'	46"	-89.79	-115.56								
PI24			D	45	56	19.24						780249.09	9130933.68	0.00	0.00	-89.79	-115.56	780249.09	9130933.69
	PI24-PI25	139.89					263°	47'	05"	-139.07	-15.14								
PI25			D	35	43	24.79						780110.03	9130918.53	0.00	0.00	-139.07	-15.14	780110.02	9130918.54
	PI25-PI26	169.94					299°	30'	30"	-147.90	83.70								
PI26			I	78	50	12.85						779962.13	9131002.24	0.00	0.00	-147.90	83.70	779962.13	9131002.25
	PI26-PI27	171.21					220°	40'	17"	-111.58	-129.86								
PI27			I	12	43	54.85						779850.55	9130872.38	0.00	0.00	-111.58	-129.86	779850.55	9130872.39
	PI27-PI28	108.83					207°	56'	22"	-50.99	-96.15								
PI28			I	14	52	39.20						779799.56	9130776.23	0.00	0.00	-50.99	-96.15	779799.56	9130776.24
	PI28-PI29	119.82					193°	03'	43"	-27.08	-116.72								
PI29			D	15	30	56.31						779772.48	9130659.51	0.00	0.00	-27.08	-116.72	779772.47	9130659.52
	PI29-PI30	127.98					208°	34'	39"	-61.22	-112.38								
PI30			D	54	9	14.22						779711.26	9130547.13	0.00	0.00	-61.22	-112.38	779711.26	9130547.13
	PI30-PI31	193.42					262°	43'	53"	-191.87	-24.47								
PI31			I	77	50	1.51						779519.39	9130522.66	0.00	0.00	-191.87	-24.47	779519.39	9130522.66
	PI31-PI32	249.84					184°	53'	52"	-21.33	-248.92								
PI32			D	113	50	38.14						779498.06	9130273.73	0.00	0.00	-21.33	-248.92	779498.06	9130273.74
	PI32-PI33	251.06					298°	44'	30"	-220.13	120.73								

PI33			I	30	44	11.86						779277.93	9130394.46	0.00	0.00	-220.13	120.73	779277.93	9130394.46
	PI33-PI34	93.03					268°	00'	18"	-92.97	-3.24								
PI34			D	33	43	43.15						779184.96	9130391.22	0.00	0.00	-92.97	-3.24	779184.96	9130391.22
	PI34-PI35	93.81					301°	44'	01"	-79.79	49.34								
PI35			I	10	50	28.16						779105.17	9130440.56	0.00	0.00	-79.79	49.34	779105.17	9130440.57
	PI35-PI36	73.51					290°	53'	33"	-68.68	26.22								
PI36			D	24	41	22.98						779036.49	9130466.78	0.00	0.00	-68.68	26.22	779036.49	9130466.78
	PI36-PI37	103.26					315°	34'	56"	-72.27	73.75								
PI37			D	70	37	5.95						778964.23	9130540.53	0.00	0.00	-72.27	73.75	778964.22	9130540.53
	PI37-PI38	117.84					26°	12'	02"	52.03	105.74								
PI38			I	83	13	52.00						779016.26	9130646.26	0.00	0.00	52.03	105.74	779016.25	9130646.27
	PI38-PI39	129.01					302°	58'	10"	-108.23	70.20								
PI39			D	17	7	39.94						778908.02	9130716.47	0.00	0.00	-108.23	70.20	778908.02	9130716.47
	PI39-PI40	98.59					320°	05'	50"	-63.24	75.63								
PI40			I	27	12	5.04						778844.78	9130792.09	0.00	0.00	-63.24	75.63	778844.78	9130792.10
	PI40-PI41	79.04					292°	53'	45"	-72.81	30.75								
PI41			D	24	40	16.69						778771.97	9130822.84	0.00	0.00	-72.81	30.75	778771.97	9130822.85
	PI41-PI42	78.92					317°	34'	02"	-53.25	58.25								
PI42			D	6	26	42.46						778718.72	9130881.09	0.00	0.00	-53.25	58.25	778718.72	9130881.10
	PI42-PI43	108.96					324°	00'	44"	-64.03	88.17								
PI43			D	25	14	43.84						778654.70	9130969.26	0.00	0.00	-64.03	88.17	778654.70	9130969.26
	PI43-PI44	163.53					349°	15'	28"	-30.48	160.66								
PI44			I	59	54	29.84						778624.22	9131129.92	0.00	0.00	-30.48	160.66	778624.22	9131129.93
	PI44-PI45	109.10					289°	20'	58"	-102.93	36.15								
PI45			D	17	6	29.13						778521.28	9131166.07	0.00	0.00	-102.93	36.15	778521.28	9131166.07
	PI45-PI46	163.91					306°	27'	27"	-131.83	97.40								
PI46			I	136	8	47.56						778389.45	9131263.47	0.00	0.00	-131.83	97.40	778389.45	9131263.47
	PI46-PI47	161.18					170°	18'	40"	27.13	-158.88								
PI47			D	48	53	12.67						778416.58	9131104.59	0.00	0.00	27.13	-158.88	778416.58	9131104.59
	PI47-PI48	118.19					219°	11'	52"	-74.70	-91.59								
PI48			I	59	22	48.19						778341.88	9131012.99	0.00	0.00	-74.70	-91.59	778341.88	9131013.00
	PI48-PI49	253.02					159°	49'	04"	87.29	-237.48								
PI49			D	143	7	13.67						778429.17	9130775.51	0.00	0.00	87.29	-237.48	778429.17	9130775.52
	PI49-PI50	258.90					302°	56'	18"	-217.28	140.77								
PI50			D	14	4	34.56						778211.89	9130916.29	0.00	0.00	-217.28	140.77	778211.89	9130916.29
	PI50-PI51	189.66					317°	00'	52"	-129.32	138.74								
PI51			I	83	30	32.75						778082.57	9131055.03	0.00	0.00	-129.32	138.74	778082.57	9131055.04
	PI51-PI52	136.49					233°	30'	20"	-109.72	-81.18								

PI52			D	51	33	20.70						777972.85	9130973.85	0.00	0.00	-109.72	-81.18	777972.85	9130973.86
	PI52-PI53	214.42					285°	03'	40"	-207.05	55.72								
PI53			I	145	10	35.88						777765.80	9131029.57	0.00	0.00	-207.05	55.72	777765.79	9131029.58
	PI53-PI54	424.74					139°	53'	04"	273.67	-324.82								
PI54			D	166	57	54.05						778039.47	9130704.75	0.00	0.00	273.67	-324.82	778039.47	9130704.76
	PI54-PI55	358.19					306°	50'	58"	-286.63	214.81								
PI55			D	46	58	25.40						777752.84	9130919.57	0.00	0.00	-286.63	214.81	777752.84	9130919.57
	PI55-PI56	110.20					353°	49'	24"	-11.86	109.56								
PI56			I	62	47	20.79						777740.98	9131029.12	0.00	0.00	-11.86	109.56	777740.98	9131029.13
	PI56-PI57	199.10					291°	02'	03"	-185.83	71.46								
PI57			I	132	26	47.62						777555.15	9131100.58	0.00	0.00	-185.83	71.46	777555.15	9131100.59
	PI57-PI58	172.79					158°	35'	15"	63.08	-160.87								
PI58			D	71	31	11.68						777618.23	9130939.72	0.00	0.00	63.08	-160.87	777618.23	9130939.72
	PI58-PI59	135.21					230°	06'	27"	-103.74	-86.72								
PI59			D	84	36	28.33						777514.49	9130853.00	0.00	0.00	-103.74	-86.72	777514.49	9130853.00
	PI59-PI60	115.36					314°	42'	55"	-81.98	81.16								
PI60			I	22	15	46.54						777432.51	9130934.16	0.00	0.00	-81.98	81.17	777432.51	9130934.17
	PI60-B	88.46					292°	27'	09"	-81.75	33.78								
B												777350.76	9130967.95	0.00	0.00	-81.75	33.78	777350.76	9130967.95
														-0.003	0.006				

Σ	11114.77
----------	-----------------

FUENTE

Ing. José Benjamin Torres Tafur

ERROR	ESTE	0.003
	NORTE	-0.006

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE CURVA													
Curva Nº	ANGULO				R (m)	T (m)	Lc (m)	C (m)	E (m)	F (m)	P (%)	LRP (m)	S/A (m)
	grad	min	seg	Sent.									
PI1	70	46	54	I	55.000	39.07	67.95	63.71	12.47	10.16	7.18	13.11	1.35
PI2	38	5	34	D	60.000	20.71	39.89	39.16	3.47	3.28	6.58	12.26	1.25
PI3	39	58	52	I	70.000	25.46	48.85	47.86	4.49	4.22	5.64	10.91	1.10
PI4	60	48	5	I	60.000	35.20	63.67	60.73	9.56	8.25	6.58	12.26	1.25
PI5	63	1	51	D	55.000	33.72	60.51	57.50	9.52	8.11	7.18	13.11	1.35
PI6	60	10	20	I	70.000	40.55	73.51	70.18	10.90	9.43	5.64	10.91	1.10
PI7	80	45	22	D	65.000	55.28	91.62	84.22	20.33	15.48	6.07	11.53	1.17
PI8	80	26	53	I	55.000	46.52	77.22	71.04	17.03	13.01	7.18	13.11	1.35
PI9	156	58	13	D	30.000	147.26	82.19	58.79	120.28	24.01	13.16	21.65	2.30
PI10	92	55	50	I	30.000	31.57	48.66	43.50	13.55	9.34	13.16	21.65	2.30
PI11	88	14	5	I	30.000	29.09	46.20	41.77	11.79	8.46	13.16	21.65	2.30
PI12	15	21	18	I	120.000	16.18	32.16	32.06	1.09	1.08	3.29	7.56	0.71
PI13	71	12	29	D	70.000	50.12	87.00	81.51	16.09	13.09	5.64	10.91	1.10
PI14	95	46	23	I	55.000	60.84	91.94	81.60	27.02	18.12	7.18	13.11	1.35
PI15	60	54	30	D	60.000	35.28	63.78	60.82	9.60	8.28	6.58	12.26	1.25
PI16	105	50	33	I	30.000	39.70	55.42	47.87	19.76	11.91	13.16	21.65	2.30
PI17	77	31	35	I	70.000	56.21	94.72	87.65	19.77	15.42	5.64	10.91	1.10
PI18	78	22	30	D	30.000	24.46	41.04	37.91	8.71	6.75	13.16	21.65	2.30
PI19	148	33	28	D	25.000	88.81	64.82	48.13	67.27	18.23	15.79	25.41	2.72
PI20	97	43	37	I	25.000	28.62	42.64	37.66	13.00	8.55	15.79	25.41	2.72
PI21	68	13	25	I	55.000	37.25	65.49	61.69	11.43	9.46	7.18	13.11	1.35
PI22	10	31	2	D	100.000	9.20	18.36	18.33	0.42	0.42	3.95	8.50	0.82
PI23	35	1	20	I	75.000	23.66	45.84	45.13	3.64	3.48	5.26	10.38	1.04
PI24	45	56	19	D	60.000	25.43	48.11	46.83	5.17	4.76	6.58	12.26	1.25

PI25	35	43	25	D	55.000	17.72	34.29	33.74	2.79	2.65	7.18	13.11	1.35
PI26	78	50	13	I	70.000	57.54	96.32	88.90	20.61	15.92	5.64	10.91	1.10
PI27	12	43	55	I	150.000	16.73	33.33	33.26	0.93	0.92	2.63	6.62	0.59
PI28	14	52	39	I	90.000	11.75	23.37	23.30	0.76	0.76	4.39	9.12	0.89
PI29	15	30	56	D	100.000	13.62	27.08	27.00	0.92	0.92	3.95	8.50	0.82
PI30	54	9	14	D	60.000	30.67	56.71	54.62	7.39	6.58	6.58	12.26	1.25
PI31	77	50	2	I	55.000	44.41	74.72	69.10	15.69	12.21	7.18	13.11	1.35
PI32	113	50	38	D	55.000	84.44	109.28	92.17	45.77	24.98	7.18	13.11	1.35
PI33	30	44	12	I	80.000	21.99	42.92	42.40	2.97	2.86	4.93	9.91	0.98
PI34	33	43	43	D	70.000	21.22	41.21	40.61	3.15	3.01	5.64	10.91	1.10
PI35	10	50	28	I	75.000	7.12	14.19	14.17	0.34	0.34	5.26	10.38	1.04
PI36	24	41	23	D	65.000	14.23	28.01	27.79	1.54	1.50	6.07	11.53	1.17
PI37	70	37	6	D	55.000	38.96	67.79	63.58	12.40	10.12	7.18	13.11	1.35
PI38	83	13	52	I	25.000	22.21	36.32	33.21	8.44	6.31	15.79	25.41	2.72
PI39	17	7	40	D	60.000	9.04	17.94	17.87	0.68	0.67	6.58	12.26	1.25
PI40	27	12	5	I	70.000	16.94	33.23	32.92	2.02	1.96	5.64	10.91	1.10
PI41	24	40	17	D	70.000	15.31	30.14	29.91	1.65	1.62	5.64	10.91	1.10
PI42	6	26	42	D	80.000	4.50	9.00	8.99	0.13	0.13	4.93	9.91	0.98
PI43	25	14	44	D	55.000	12.32	24.23	24.04	1.36	1.33	7.18	13.11	1.35
PI44	59	54	30	I	75.000	43.22	78.42	74.90	11.56	10.02	5.26	10.38	1.04
PI45	17	6	29	D	65.000	9.78	19.41	19.34	0.73	0.72	6.07	11.53	1.17
PI46	136	8	48	I	30.000	74.53	71.29	55.66	50.34	18.80	13.16	21.65	2.30
PI47	48	53	13	D	55.000	25.00	46.93	45.52	5.41	4.93	7.18	13.11	1.35
PI48	59	22	48	I	60.000	34.21	62.18	59.44	9.07	7.88	6.58	12.26	1.25
PI49	143	7	14	D	30.000	89.97	74.94	56.92	64.84	20.51	13.16	21.65	2.30
PI50	14	4	35	D	100.000	12.35	24.57	24.51	0.76	0.75	3.95	8.50	0.82
PI51	83	30	33	I	55.000	49.10	80.16	73.25	18.73	13.97	7.18	13.11	1.35
PI52	51	33	21	D	55.000	26.56	49.49	47.84	6.08	5.47	7.18	13.11	1.35

PI53	145	10	36	I	30.000	95.66	76.01	57.25	70.26	21.02	13.16	21.65	2.30
PI54	166	57	54	D	30.000	262.59	87.42	59.61	234.30	26.59	13.16	21.65	2.30
PI55	46	58	25	D	70.000	30.42	57.39	55.80	6.32	5.80	5.64	10.91	1.10
PI56	62	47	21	I	60.000	36.62	65.75	62.51	10.29	8.78	6.58	12.26	1.25
PI57	132	26	48	I	35.000	79.44	80.91	64.06	51.81	20.89	11.28	18.97	2.00
PI58	71	31	12	D	55.000	39.61	68.65	64.28	12.78	10.37	7.18	13.11	1.35
PI59	84	36	28	D	30.000	27.30	44.30	40.38	10.56	7.81	13.16	21.65	2.30
PI60	22	15	47	I	55.000	10.82	21.37	21.24	1.05	1.03	7.18	13.11	1.35

FUENTE

Ing. José Benjamin Torres Tafur

CALCULO DE LAS COORDENADAS DE LOS PC y PT										
Estación	Lado	Tangente	AZIMUT			Proyecciones		Punto	COORDENADAS	
			Grad	Min	Seg	Este	Norte		ESTE	NORTE
PI 1	km 00 - PI1	39.07	318°	14'	57'	-26.02	29.15	PC 1	780028.55	9129548.82
								PI 1	780054.57	9129519.67
	PI1 - PI2	39.07	67°	28°	03°	36.09	14.97	PT 1	780090.66	9129534.64
PI 2	PI1 - PI2	20.71	247°	28'	03"	-19.13	-7.94	PC 2	780262.79	9129606.06
								PI 2	780281.92	9129614.00
	PI2 - PI3	20.71	105°	33°	37°	19.95	-5.56	PT 2	780301.87	9129608.44
PI 3	PI2 - PI3	25.46	285°	33'	37"	-24.53	6.83	PC 3	780403.70	9129580.09
								PI 3	780428.23	9129573.26
	PI3 - PI4	25.46	65°	34°	45°	23.19	10.53	PT 3	780451.42	9129583.79
PI 4	PI3 - PI4	35.20	245°	34'	45"	-32.05	-14.55	PC 4	780530.66	9129619.77
								PI 4	780562.71	9129634.32
	PI4 - PI5	35.20	04°	46°	40°	2.93	35.08	PT 4	780565.64	9129669.40
PI 5	PI4 - PI5	33.72	184°	46'	40"	-2.81	-33.61	PC 5	780571.91	9129744.39
								PI 5	780574.72	9129778.00
	PI5 - PI6	33.72	67°	48°	31°	31.23	12.74	PT 5	780605.95	9129790.74
PI 6	PI5 - PI6	40.55	247°	48'	31"	-37.55	-15.32	PC 6	780697.37	9129828.03
								PI 6	780734.92	9129843.35
	PI6 - PI7	40.55	07°	38°	11°	5.39	40.20	PT 6	780740.31	9129883.55
PI 7	PI6 - PI7	55.28	187°	38'	11"	-7.35	-54.79	PC 7	780758.06	9130016.00
								PI 7	780765.41	9130070.79
	PI7 - PI8	55.28	88°	23°	33°	55.25	1.55	PT 7	780820.66	9130072.34
PI 8	PI7 - PI8	46.52	268°	23'	33"	-46.50	-1.30	PC 8	781029.62	9130078.21
								PI 8	781076.12	9130079.51
	PI8 - PI9	46.52	07°	56°	40°	6.43	46.07	PT 8	781082.55	9130125.58

PI 9	PI8 - PI9	147.26	187°	56'	40"	-20.35	-145.85	PC 9	781099.50	9130247.03
								PI 9	781119.85	9130392.88
	PI9 - PI10	147.26	164°	54°	53°	38.33	-142.18	PT 9	781158.18	9130250.70
PI 10	PI9 - PI10	31.57	344°	54'	53"	-8.22	30.49	PC 10	781205.82	9130073.93
								PI 10	781214.04	9130043.44
	PI10 - PI11	31.57	71°	59°	03°	30.03	9.77	PT 10	781244.07	9130053.21
PI 11	PI10 - PI11	29.09	251°	59'	03"	-27.66	-9.00	PC 11	781335.17	9130082.83
								PI 11	781362.83	9130091.83
	PI11 - PI12	29.09	343°	44°	58°	-8.14	27.93	PT 11	781354.69	9130119.76
PI 12	PI11 - PI12	16.18	163°	44'	58"	4.53	-15.53	PC 12	781231.98	9130540.76
								PI 12	781227.45	9130556.29
	PI12 - PI13	16.18	328°	23°	40°	-8.48	13.78	PT 12	781218.97	9130570.07
PI 13	PI12 - PI13	50.12	148°	23'	40"	26.27	-42.69	PC 13	781138.45	9130700.92
								PI 13	781112.18	9130743.61
	PI13 - PI14	50.12	39°	36°	09°	31.95	38.62	PT 13	781144.13	9130782.23
PI 14	PI13 - PI14	60.84	219°	36'	09"	-38.78	-46.88	PC 14	781246.43	9130905.86
								PI 14	781285.21	9130952.74
	PI14 - PI15	60.84	303°	49°	46°	-50.54	33.87	PT 14	781234.67	9130986.61
PI 15	PI14 - PI15	35.28	123°	49'	46"	29.31	-19.64	PC 15	781178.76	9131024.09
								PI 15	781149.45	9131043.73
	PI15 - PI16	35.28	04°	44°	16°	2.91	35.16	PT 15	781152.36	9131078.89
PI 16	PI15 - PI16	39.70	184°	44'	16"	-3.28	-39.56	PC 16	781164.32	9131223.15
								PI 16	781167.60	9131262.71
	PI16 - PI17	39.70	258°	53°	43°	-38.95	-7.65	PT 16	781128.65	9131255.06
PI 17	PI16 - PI17	56.21	78°	53'	43"	55.16	10.83	PC 17	780989.02	9131227.66
								PI 17	780933.86	9131216.83
	PI17 - PI18	56.21	181°	22°	08°	-1.34	-56.19	PT 17	780932.52	9131160.64

PI 18	PI17 - PI18	24.46	01°	22'	08"	0.58	24.45	PC 18	780930.54	9131078.17
								PI 18	780929.96	9131053.72
	PI18 - PI19	24.46	259°	44°	39°	-24.07	-4.35	PT 18	780905.89	9131049.37
PI 19	PI18 - PI19	88.81	79°	44'	39"	87.40	15.81	PC 19	780773.32	9131025.37
								PI 19	780685.92	9131009.56
	PI19 - PI20	88.81	48°	18°	06°	66.31	59.08	PT 19	780752.23	9131068.64
PI 20	PI19 - PI20	28.62	228°	18'	06"	-21.37	-19.04	PC 20	780804.47	9131115.18
								PI 20	780825.84	9131134.22
	PI20 - PI21	28.62	310°	34°	29°	-21.74	18.62	PT 20	780804.10	9131152.84
PI 21	PI20 - PI21	37.25	130°	34'	29"	28.30	-24.23	PC 21	780757.35	9131192.87
								PI 21	780729.05	9131217.10
	PI21 - PI22	37.25	242°	21°	04°	-33.00	-17.29	PT 21	780696.05	9131199.81
PI 22	PI21 - PI22	9.20	62°	21'	04"	8.15	4.27	PC 22	780516.58	9131105.78
								PI 22	780508.43	9131101.51
	PI22 - PI23	9.20	252°	52°	05°	-8.80	-2.71	PT 22	780499.63	9131098.80
PI 23	PI22 - PI23	23.66	72°	52'	05"	22.61	6.97	PC 23	780361.49	9131056.22
								PI 23	780338.88	9131049.25
	PI23 - PI24	23.66	217°	50°	46°	-14.52	-18.69	PT 23	780324.36	9131030.56
PI 24	PI23 - PI24	25.43	37°	50'	46"	15.60	20.08	PC 24	780264.69	9130953.77
								PI 24	780249.09	9130933.69
	PI24 - PI25	25.43	263°	47°	05°	-25.28	-2.75	PT 24	780223.81	9130930.94
PI 25	PI24 - PI25	17.72	83°	47'	05"	17.62	1.92	PC 25	780127.64	9130920.46
								PI 25	780110.02	9130918.54
	PI25 - PI26	17.72	299°	30°	30°	-15.42	8.73	PT 25	780094.60	9130927.27
PI 26	PI25 - PI26	57.54	119°	30'	30"	50.07	-28.34	PC 26	780012.20	9130973.91
								PI 26	779962.13	9131002.25
	PI26 - PI27	57.54	220°	40°	17°	-37.50	-43.64	PT 26	779924.63	9130958.61

PI 27	PI26 - PI27	16.73	40°	40'	17"	10.91	12.69	PC 27	779861.46	9130885.08
								PI 27	779850.55	9130872.39
	PI27 - PI28	16.73	207°	56°	22°	-7.84	-14.78	PT 27	779842.71	9130857.61
PI 28	PI27 - PI28	11.75	27°	56'	22"	5.51	10.38	PC 28	779805.07	9130786.62
								PI 28	779799.56	9130776.24
	PI28 - PI29	11.75	193°	03°	43°	-2.66	-11.45	PT 28	779796.90	9130764.79
PI 29	PI28 - PI29	13.62	13°	03'	43"	3.08	13.27	PC 29	779775.55	9130672.79
								PI 29	779772.47	9130659.52
	PI29 - PI30	13.62	208°	34°	39°	-6.52	-11.96	PT 29	779765.95	9130647.56
PI 30	PI29 - PI30	30.67	28°	34'	39"	14.67	26.94	PC 30	779725.93	9130574.07
								PI 30	779711.26	9130547.13
	PI30 - PI31	30.67	262°	43°	53°	-30.43	-3.88	PT 30	779680.83	9130543.25
PI 31	PI30 - PI31	44.41	82°	43'	53"	44.05	5.62	PC 31	779563.44	9130528.28
								PI 31	779519.39	9130522.66
	PI31 - PI32	44.41	184°	53°	52°	-3.79	-44.24	PT 31	779515.60	9130478.42
PI 32	PI31 - PI32	84.44	04°	53'	52"	7.21	84.13	PC 32	779505.27	9130357.87
								PI 32	779498.06	9130273.74
	PI32 - PI33	84.44	298°	44°	30°	-74.04	40.60	PT 32	779424.02	9130314.34
PI 33	PI32 - PI33	21.99	118°	44'	30"	19.28	-10.57	PC 33	779297.21	9130383.89
								PI 33	779277.93	9130394.46
	PI33 - PI34	21.99	268°	00°	18°	-21.97	-0.77	PT 33	779255.96	9130393.69
PI 34	PI33 - PI34	21.22	88°	00'	18"	21.21	0.74	PC 34	779206.17	9130391.96
								PI 34	779184.96	9130391.22
	PI34 - PI35	21.22	301°	44°	01°	-18.05	11.16	PT 34	779166.91	9130402.38
PI 35	PI34 - PI35	7.12	121°	44'	01"	6.05	-3.74	PC 35	779111.22	9130436.83
								PI 35	779105.17	9130440.57
	PI35 - PI36	7.12	290°	53°	33°	-6.65	2.54	PT 35	779098.52	9130443.11

PI 36	PI35 - PI36	14.23	110°	53'	33"	13.29	-5.07	PC 36	779049.78	9130461.71
								PI 36	779036.49	9130466.78
	PI36 - PI37	14.23	315°	34°	56°	-9.96	10.16	PT 36	779026.53	9130476.94
PI 37	PI36 - PI37	38.96	135°	34'	56"	27.26	-27.82	PC 37	778991.48	9130512.71
								PI 37	778964.22	9130540.53
	PI37 - PI38	38.96	26°	12°	02°	17.20	34.95	PT 37	778981.42	9130575.48
PI 38	PI37 - PI38	22.21	206°	12'	02"	-9.81	-19.93	PC 38	779006.44	9130626.34
								PI 38	779016.25	9130646.27
	PI38 - PI39	22.21	302°	58°	10°	-18.63	12.09	PT 38	778997.62	9130658.36
PI 39	PI38 - PI39	9.04	122°	58'	10"	7.58	-4.92	PC 39	778915.60	9130711.55
								PI 39	778908.02	9130716.47
	PI39 - PI40	9.04	320°	05°	50°	-5.80	6.93	PT 39	778902.22	9130723.40
PI 40	PI39 - PI40	16.94	140°	05'	50"	10.86	-12.99	PC 40	778855.64	9130779.11
								PI 40	778844.78	9130792.10
	PI40 - PI41	16.94	292°	53°	45°	-15.60	6.59	PT 40	778829.18	9130798.69
PI 41	PI40 - PI41	15.31	112°	53'	45"	14.10	-5.96	PC 41	778786.07	9130816.89
								PI 41	778771.97	9130822.85
	PI41 - PI42	15.31	317°	34°	02°	-10.33	11.30	PT 41	778761.64	9130834.15
PI 42	PI41 - PI42	4.50	137°	34'	02"	3.04	-3.32	PC 42	778721.76	9130877.78
								PI 42	778718.72	9130881.10
	PI42 - PI43	4.50	324°	00°	44°	-2.65	3.64	PT 42	778716.07	9130884.74
PI 43	PI42 - PI43	12.32	144°	00'	44"	7.24	-9.97	PC 43	778661.94	9130959.29
								PI 43	778654.70	9130969.26
	PI43 - PI44	12.32	349°	15°	28°	-2.30	12.10	PT 43	778652.40	9130981.36
PI 44	PI43 - PI44	43.22	169°	15'	28"	8.06	-42.46	PC 44	778632.28	9131087.47
								PI 44	778624.22	9131129.93
	PI44 - PI45	43.22	289°	20°	58°	-40.78	14.32	PT 44	778583.44	9131144.25

PI 45	PI44 - PI45	9.78	109°	20'	58"	9.22	-3.24	PC 45	778530.50	9131162.83
								PI 45	778521.28	9131166.07
	PI45 - PI46	9.78	306°	27°	27°	-7.86	5.81	PT 45	778513.42	9131171.88
PI 46	PI45 - PI46	74.53	126°	27'	27"	59.94	-44.29	PC 46	778449.39	9131219.18
								PI 46	778389.45	9131263.47
	PI46 - PI47	74.53	170°	18°	40°	12.54	-73.46	PT 46	778401.99	9131190.01
PI 47	PI46 - PI47	25.00	350°	18'	40"	-4.21	24.64	PC 47	778412.37	9131129.23
								PI 47	778416.58	9131104.59
	PI47 - PI48	25.00	219°	11°	52°	-15.80	-19.37	PT 47	778400.78	9131085.22
PI 48	PI47 - PI48	34.21	39°	11'	52"	21.62	26.51	PC 48	778363.50	9131039.51
								PI 48	778341.88	9131013.00
	PI48 - PI49	34.21	159°	49°	04°	11.80	-32.11	PT 48	778353.68	9130980.89
PI 49	PI48 - PI49	89.97	339°	49'	04"	-31.04	84.45	PC 49	778398.13	9130859.97
								PI 49	778429.17	9130775.52
	PI49 - PI50	89.97	302°	56°	18°	-75.51	48.92	PT 49	778353.66	9130824.44
PI 50	PI49 - PI50	12.35	122°	56'	18"	10.36	-6.71	PC 50	778222.25	9130909.58
								PI 50	778211.89	9130916.29
	PI50 - PI51	12.35	317°	00°	52°	-8.42	9.03	PT 50	778203.47	9130925.32
PI 51	PI50 - PI51	49.10	137°	00'	52"	33.48	-35.92	PC 51	778116.05	9131019.12
								PI 51	778082.57	9131055.04
	PI51 - PI52	49.10	233°	30°	20°	-39.47	-29.20	PT 51	778043.10	9131025.84
PI 52	PI51 - PI52	49.10	53°	30'	20"	39.47	29.20	PC 52	778012.32	9131003.06
								PI 52	777972.85	9130973.86
	PI52 - PI53	49.10	285°	03°	40°	-47.41	12.76	PT 52	777925.44	9130986.62
PI 53	PI52 - PI53	26.56	105°	03'	40"	25.65	-6.90	PC 53	777791.44	9131022.68
								PI 53	777765.79	9131029.58
	PI53 - PI54	26.56	139°	53°	04°	17.11	-20.31	PT 53	777782.90	9131009.27

PI 54	PI53 - PI54	95.66	319°	53'	04"	-61.64	73.16	PC 54	777977.83	9130777.92
								PI 54	778039.47	9130704.76
	PI54 - PI55	95.66	306°	50°	58°	-76.55	57.37	PT 54	777962.92	9130762.13
PI 55	PI54 - PI55	262.59	126°	50'	58"	210.13	-157.48	PC 55	777962.97	9130762.09
								PI 55	777752.84	9130919.57
	PI55 - PI56	262.59	353°	49°	24°	-28.25	261.07	PT 55	777724.59	9131180.64
PI 56	PI55 - PI56	30.42	173°	49'	24"	3.27	-30.24	PC 56	777744.25	9130998.89
								PI 56	777740.98	9131029.13
	PI56 - PI57	30.42	291°	02°	03°	-28.39	10.92	PT 56	777712.59	9131040.05
PI 57	PI56 - PI57	36.62	111°	02'	03"	34.18	-13.14	PC 57	777589.33	9131087.45
								PI 57	777555.15	9131100.59
	PI57 - PI58	36.62	158°	35°	15°	13.37	-34.09	PT 57	777568.52	9131066.50
PI 58	PI57 - PI58	79.44	338°	35'	15"	-29.00	73.96	PC 58	777589.23	9131013.68
								PI 58	777618.23	9130939.72
	PI58 - PI59	79.44	230°	06°	27°	-60.95	-50.95	PT 58	777557.28	9130888.77
PI 59	PI58 - PI59	39.61	50°	06'	27"	30.39	25.40	PC 59	777544.88	9130878.40
								PI 59	777514.49	9130853.00
	PI59 - PI60	39.61	314°	42°	55°	-28.15	27.87	PT 59	777486.34	9130880.87
PI 60	PI59 - PI60	27.30	134°	42'	55"	19.40	-19.21	PC 60	777451.91	9130914.96
								PI 60	777432.51	9130934.17
	PI60 - B	27.30	292°	27°	09°	-25.23	10.43	PT 60	777407.28	9130944.60

FUENTE

Ing. José Benjamin Torres Tafur

PROGRESIVA				
PIS	Distancia		PROGRESIVA	
	Elementos	Dist.		
PI 0		0.00	km. 00+000.00	Km 00 + 00 + 00.00
	PI 0 - PI 1	101.06		
PI 1		101.06	km. 00+101.06	Km 00 + 10 + 01.06
	Tan 1	39.07		
PC 1		61.99	km. 00+061.99	Km 00 + 06 + 01.99
	LC 1	67.95		
PT 1		129.94	km. 00+129.94	Km 00 + 12 + 09.94
	PI 1 - PI 2	246.14		
	Tan 1	39.07		
PI 2		337.01	km. 00+337.01	Km 00 + 32 + 17.01
	Tan 2	20.71		
PC 2		316.29	km. 00+316.29	Km 00 + 30 + 16.29
	LC 2	39.89		
PT 2		356.18	km. 00+356.18	Km 00 + 34 + 16.18
	PI 2 - PI 3	151.87		
	Tan 2	20.71		
PI 3		487.34	km. 00+487.34	Km 00 + 48 + 07.34
	Tan 3	25.46		
PC 3		461.88	km. 00+461.88	Km 00 + 46 + 01.88
	LC 3	48.85		
PT 3		510.72	km. 00+510.72	Km 00 + 50 + 10.72
	PI 3 - PI 4	147.69		
	Tan 3	25.46		
PI 4		632.95	km. 00+632.95	Km 00 + 62 + 12.95
	Tan 4	35.20		
PC 4		597.75	km. 00+597.75	Km 00 + 58 + 17.75
	LC 4	63.67		
PT 4		661.42	km. 00+661.42	Km 00 + 66 + 01.42
	PI 4 - PI 5	144.18		
	Tan 4	35.20		
PI 5		770.40	km. 00+770.40	Km 00 + 76 + 10.40
	Tan 5	33.72		
PC 5		736.67	km. 00+736.67	Km 00 + 72 + 16.67
	LC 5	60.51		
PT 5		797.18	km. 00+797.18	Km 00 + 78 + 17.18
	PI 5 - PI 6	173.02		
	Tan 5	33.72		
PI 6		936.47	km. 00+936.47	Km 00 + 92 + 16.47
	Tan 6	40.55		
PC 6		895.91	km. 00+895.91	Km 00 + 88 + 15.91

	LC 6			73.51		
PT 6				969.43	km. 00+073.51	Km 00 + 06 + 13.51
	PI 6	-	PI 7	229.48		
	Tan 6			40.55		
PI 7				1158.35	km. 01+158.35	Km 01 + 14 + 18.35
	Tan 7			55.28		
PC 7				1103.07	km. 01+103.07	Km 01 + 10 + 03.07
	LC 7			91.62		
PT 7				1194.69	km. 01+194.69	Km 01 + 18 + 14.69
	PI 7	-	PI 8	310.83		
	Tan 7			55.28		
PI 8				1450.24	km. 01+450.24	Km 01 + 44 + 10.24
	Tan 8			46.52		
PC 8				1403.73	km. 01+403.73	Km 01 + 40 + 03.73
	LC 8			77.22		
PT 8				1480.95	km. 01+480.95	Km 01 + 48 + 00.95
	PI 8	-	PI 9	316.41		
	Tan 8			46.52		
PI 9				1750.84	km. 01+750.84	Km 01 + 74 + 10.84
	Tan 9			147.26		
PC 9				1603.58	km. 01+603.58	Km 01 + 60 + 03.58
	LC 9			82.19		
PT 9				1685.77	km. 00+082.19	Km 00 + 08 + 02.19
	PI 9	-	PI 10	361.91		
	Tan 9			147.26		
PI 10				1900.42	km. 01+900.42	Km 01 + 90 + 00.42
	Tan 10			31.57		
PC 10				1868.84	km. 01+868.84	Km 01 + 86 + 08.84
	LC 10			48.66		
PT 10				1917.50	km. 01+917.50	Km 01 + 90 + 17.50
	PI 10	-	PI 11	156.46		
	Tan 10			31.57		
PI 11				2042.38	km. 02+042.38	Km 02 + 04 + 02.38
	Tan 11			29.09		
PC 11				2013.29	km. 02+013.29	Km 02 + 00 + 13.29
	LC 11			46.20		
PT 11				2059.49	km. 02+059.49	Km 02 + 04 + 19.49
	PI 11	-	PI 12	483.79		
	Tan 11			29.09		
PI 12				2514.19	km. 02+514.19	Km 02 + 50 + 14.19
	Tan 12			16.18		
PC 12				2498.02	km. 02+498.02	Km 02 + 48 + 18.02
	LC 12			32.16		
PT 12				2530.17	km. 02+530.17	Km 02 + 52 + 10.17

	PI 12	-	PI 13	219.94		
	Tan 12			16.18		
PI 13				2733.94	km. 02+733.94	Km 02 + 72 + 13.94
	Tan 13			50.12		
PC 13				2683.82	km. 02+683.82	Km 02 + 68 + 03.82
	LC 13			87.00		
PT 13				2770.81	km. 02+770.81	Km 02 + 76 + 10.81
	PI 13	-	PI 14	271.43		
	Tan 13			50.12		
PI 14				2992.12	km. 02+992.12	Km 02 + 98 + 12.12
	Tan 14			60.84		
PC 14				2931.28	km. 02+931.28	Km 02 + 92 + 11.28
	LC 14			91.94		
PT 14				3023.22	km. 03+023.22	Km 03 + 02 + 03.22
	PI 14	-	PI 15	163.43		
	Tan 14			60.84		
PI 15				3125.81	km. 03+125.81	Km 03 + 12 + 05.81
	Tan 15			35.28		
PC 15				3090.53	km. 03+090.53	Km 03 + 08 + 10.53
	LC 15			63.78		
PT 15				3154.31	km. 03+154.31	Km 03 + 14 + 14.31
	PI 15	-	PI 16	219.73		
	Tan 15			35.28		
PI 16				3338.77	km. 03+338.77	Km 03 + 32 + 18.77
	Tan 16			39.70		
PC 16				3299.07	km. 03+299.07	Km 03 + 28 + 19.07
	LC 16			55.42		
PT 16				3354.49	km. 03+354.49	Km 03 + 34 + 14.49
	PI 16	-	PI 17	238.20		
	Tan 16			39.70		
PI 17				3552.99	km. 03+552.99	Km 03 + 54 + 12.99
	Tan 17			56.21		
PC 17				3496.78	km. 03+496.78	Km 03 + 48 + 16.78
	LC 17			94.72		
PT 17				3591.50	km. 03+591.50	Km 03 + 58 + 11.50
	PI 17	-	PI 18	163.16		
	Tan 17			56.21		
PI 18				3698.45	km. 03+698.45	Km 03 + 68 + 18.45
	Tan 18			24.46		
PC 18				3674.00	km. 03+674.00	Km 03 + 66 + 14.00
	LC 18			41.04		
PT 18				3715.04	km. 03+715.04	Km 03 + 70 + 15.04
	PI 18	-	PI 19	248.00		
	Tan 18			24.46		

PI 19				3938.58	km. 03+938.58	Km 03 + 92 + 18.58
	Tan 19			88.81		
PC 19				3849.76	km. 03+849.76	Km 03 + 84 + 09.76
	LC 19			64.82		
PT 19				3914.58	km. 03+914.58	Km 03 + 90 + 14.58
	PI 19	-	PI 20	187.39		
	Tan 19			88.81		
PI 20				4013.16	km. 04+013.16	Km 04 + 00 + 13.16
	Tan 20			28.62		
PC 20				3984.54	km. 03+984.54	Km 03 + 98 + 04.54
	LC 20			42.64		
PT 20				4027.18	km. 04+027.18	Km 04 + 02 + 07.18
	PI 20	-	PI 21	127.42		
	Tan 20			28.62		
PI 21				4125.98	km. 04+125.98	Km 04 + 12 + 05.98
	Tan 21			37.25		
PC 21				4088.73	km. 04+088.73	Km 04 + 08 + 08.73
	LC 21			65.49		
PT 21				4154.22	km. 04+154.22	Km 04 + 14 + 14.22
	PI 21	-	PI 22	249.07		
	Tan 21			37.25		
PI 22				4366.03	km. 04+366.03	Km 04 + 36 + 06.03
	Tan 22			9.20		
PC 22				4356.83	km. 04+356.83	Km 04 + 34 + 16.83
	LC 22			18.36		
PT 22				4375.18	km. 04+375.18	Km 04 + 36 + 15.18
	PI 22	-	PI 23	177.42		
	Tan 22			9.20		
PI 23				4543.40	km. 04+543.40	Km 04 + 54 + 03.40
	Tan 23			23.66		
PC 23				4519.74	km. 04+519.74	Km 04 + 50 + 19.74
	LC 23			45.84		
PT 23				4565.58	km. 04+565.58	Km 04 + 56 + 05.58
	PI 23	-	PI 24	146.35		
	Tan 23			23.66		
PI 24				4688.26	km. 04+688.26	Km 04 + 68 + 08.26
	Tan 24			25.43		
PC 24				4662.83	km. 04+662.83	Km 04 + 66 + 02.83
	LC 24			48.11		
PT 24				4710.94	km. 04+710.94	Km 04 + 70 + 10.94
	PI 24	-	PI 25	139.89		
	Tan 24			25.43		
PI 25				4825.40	km. 04+825.40	Km 04 + 82 + 05.40
	Tan 25			17.72		

PC 25			4807.67	km. 04+807.67	Km 04 + 80 + 07.67
	LC 25		34.29		
PT 25			4841.96	km. 04+841.96	Km 04 + 84 + 01.96
	PI 25	-	PI 26	169.94	
	Tan 25		17.72		
PI 26			4994.18	km. 04+994.18	Km 04 + 98 + 14.18
	Tan 26		57.54		
PC 26			4936.64	km. 04+936.64	Km 04 + 92 + 16.64
	LC 26		96.32		
PT 26			5032.96	km. 05+032.96	Km 05 + 02 + 12.96
	PI 26	-	PI 27	171.21	
	Tan 26		57.54		
PI 27			5146.64	km. 05+146.64	Km 05 + 14 + 06.64
	Tan 27		16.73		
PC 27			5129.90	km. 05+129.90	Km 05 + 12 + 09.90
	LC 27		33.33		
PT 27			5163.23	km. 05+163.23	Km 05 + 16 + 03.23
	PI 27	-	PI 28	108.83	
	Tan 27		16.73		
PI 28			5255.33	km. 05+255.33	Km 05 + 24 + 15.33
	Tan 28		11.75		
PC 28			5243.58	km. 05+243.58	Km 05 + 24 + 03.58
	LC 28		23.37		
PT 28			5266.95	km. 05+266.95	Km 05 + 26 + 06.95
	PI 28	-	PI 29	119.82	
	Tan 28		11.75		
PI 29			5375.02	km. 05+375.02	Km 05 + 36 + 15.02
	Tan 29		13.62		
PC 29			5361.40	km. 05+361.40	Km 05 + 36 + 01.40
	LC 29		27.08		
PT 29			5388.48	km. 05+388.48	Km 05 + 38 + 08.48
	PI 29	-	PI 30	127.98	
	Tan 29		13.62		
PI 30			5502.83	km. 05+502.83	Km 05 + 50 + 02.83
	Tan 30		30.67		
PC 30			5472.16	km. 05+472.16	Km 05 + 46 + 12.16
	LC 30		56.71		
PT 30			5528.87	km. 05+528.87	Km 05 + 52 + 08.87
	PI 30	-	PI 31	193.42	
	Tan 30		30.67		
PI 31			5691.62	km. 05+691.62	Km 05 + 68 + 11.62
	Tan 31		44.41		
PC 31			5647.21	km. 05+647.21	Km 05 + 64 + 07.21
	LC 31		74.72		

PT 31				5721.93	km. 05+721.93	Km 05 + 72 + 01.93
	PI 31	-	PI 32	249.84		
	Tan 31			44.41		
PI 32				5927.36	km. 05+927.36	Km 05 + 92 + 07.36
	Tan 32			84.44		
PC 32				5842.91	km. 05+842.91	Km 05 + 84 + 02.91
	LC 32			109.28		
PT 32				5952.20	km. 05+952.20	Km 05 + 94 + 12.20
	PI 32	-	PI 33	251.06		
	Tan 32			84.44		
PI 33				6118.82	km. 06+118.82	Km 06 + 10 + 18.82
	Tan 33			21.99		
PC 33				6096.83	km. 06+096.83	Km 06 + 08 + 16.83
	LC 33			42.92		
PT 33				6139.75	km. 06+139.75	Km 06 + 12 + 19.75
	PI 33	-	PI 34	93.03		
	Tan 33			21.99		
PI 34				6210.79	km. 06+210.79	Km 06 + 20 + 10.79
	Tan 34			21.22		
PC 34				6189.57	km. 06+189.57	Km 06 + 18 + 09.57
	LC 34			41.21		
PT 34				6230.77	km. 06+230.77	Km 06 + 22 + 10.77
	PI 34	-	PI 35	93.81		
	Tan 34			21.22		
PI 35				6303.36	km. 06+303.36	Km 06 + 30 + 03.36
	Tan 35			7.12		
PC 35				6296.25	km. 06+296.25	Km 06 + 28 + 16.25
	LC 35			14.19		
PT 35				6310.44	km. 06+310.44	Km 06 + 30 + 10.44
	PI 35	-	PI 36	73.51		
	Tan 35			7.12		
PI 36				6376.83	km. 06+376.83	Km 06 + 36 + 16.83
	Tan 36			14.23		
PC 36				6362.61	km. 06+362.61	Km 06 + 36 + 02.61
	LC 36			28.01		
PT 36				6390.62	km. 06+390.62	Km 06 + 38 + 10.62
	PI 36	-	PI 37	103.26		
	Tan 36			14.23		
PI 37				6479.65	km. 06+479.65	Km 06 + 46 + 19.65
	Tan 37			38.96		
PC 37				6440.69	km. 06+440.69	Km 06 + 44 + 00.69
	LC 37			67.79		
PT 37				6508.48	km. 06+508.48	Km 06 + 50 + 08.48
	PI 37	-	PI 38	117.84		

	Tan 37			38.96		
PI 38				6587.37	km. 06+587.37	Km 06 + 58 + 07.37
	Tan 38			22.21		
PC 38				6565.16	km. 06+565.16	Km 06 + 56 + 05.16
	LC 38			36.32		
PT 38				6601.48	km. 06+601.48	Km 06 + 60 + 01.48
	PI 38	-	PI 39	129.01		
	Tan 38			22.21		
PI 39				6708.28	km. 06+708.28	Km 06 + 70 + 08.28
	Tan 39			9.04		
PC 39				6699.24	km. 06+699.24	Km 06 + 68 + 19.24
	LC 39			17.94		
PT 39				6717.18	km. 06+717.18	Km 06 + 70 + 17.18
	PI 39	-	PI 40	98.59		
	Tan 39			9.04		
PI 40				6806.73	km. 06+806.73	Km 06 + 80 + 06.73
	Tan 40			16.94		
PC 40				6789.79	km. 06+789.79	Km 06 + 78 + 09.79
	LC 40			33.23		
PT 40				6823.02	km. 06+823.02	Km 06 + 82 + 03.02
	PI 40	-	PI 41	79.04		
	Tan 40			16.94		
PI 41				6885.12	km. 06+885.12	Km 06 + 88 + 05.12
	Tan 41			15.31		
PC 41				6869.82	km. 06+869.82	Km 06 + 86 + 09.82
	LC 41			30.14		
PT 41				6899.96	km. 06+899.96	Km 06 + 88 + 19.96
	PI 41	-	PI 42	78.92		
	Tan 41			15.31		
PI 42				6963.57	km. 06+963.57	Km 06 + 96 + 03.57
	Tan 42			4.50		
PC 42				6959.06	km. 06+959.06	Km 06 + 94 + 19.06
	LC 42			9.00		
PT 42				6968.06	km. 06+968.06	Km 06 + 96 + 08.06
	PI 42	-	PI 43	108.96		
	Tan 42			4.50		
PI 43				7072.52	km. 07+072.52	Km 07 + 06 + 12.52
	Tan 43			12.32		
PC 43				7060.20	km. 07+060.20	Km 07 + 06 + 00.20
	LC 43			24.23		
PT 43				7084.44	km. 07+084.44	Km 07 + 08 + 04.44
	PI 43	-	PI 44	163.53		
	Tan 43			12.32		
PI 44				7235.65	km. 07+235.65	Km 07 + 22 + 15.65

	Tan 44			43.22		
PC 44				7192.43	km. 07+192.43	Km 07 + 18 + 12.43
	LC 44			78.42		
PT 44				7270.85	km. 07+270.85	Km 07 + 26 + 10.85
	PI 44	-	PI 45	109.10		
	Tan 44			43.22		
PI 45				7336.72	km. 07+336.72	Km 07 + 32 + 16.72
	Tan 45			9.78		
PC 45				7326.95	km. 07+326.95	Km 07 + 32 + 06.95
	LC 45			19.41		
PT 45				7346.35	km. 07+346.35	Km 07 + 34 + 06.35
	PI 45	-	PI 46	163.91		
	Tan 45			9.78		
PI 46				7500.49	km. 07+500.49	Km 07 + 50 + 00.49
	Tan 46			74.53		
PC 46				7425.96	km. 07+425.96	Km 07 + 42 + 05.96
	LC 46			71.29		
PT 46				7497.25	km. 07+497.25	Km 07 + 48 + 17.25
	PI 46	-	PI 47	161.18		
	Tan 46			74.53		
PI 47				7583.90	km. 07+583.90	Km 07 + 58 + 03.90
	Tan 47			25.00		
PC 47				7558.90	km. 07+558.90	Km 07 + 54 + 18.90
	LC 47			46.93		
PT 47				7605.83	km. 07+605.83	Km 07 + 60 + 05.83
	PI 47	-	PI 48	118.19		
	Tan 47			25.00		
PI 48				7699.02	km. 07+699.02	Km 07 + 68 + 19.02
	Tan 48			34.21		
PC 48				7664.81	km. 07+664.81	Km 07 + 66 + 04.81
	LC 48			62.18		
PT 48				7726.99	km. 07+726.99	Km 07 + 72 + 06.99
	PI 48	-	PI 49	253.02		
	Tan 48			34.21		
PI 49				7945.80	km. 07+945.80	Km 07 + 94 + 05.80
	Tan 49			89.97		
PC 49				7855.82	km. 07+855.82	Km 07 + 84 + 15.82
	LC 49			74.94		
PT 49				7930.76	km. 07+930.76	Km 07 + 92 + 10.76
	PI 49	-	PI 50	258.90		
	Tan 49			89.97		
PI 50				8099.68	km. 08+099.68	Km 08 + 08 + 19.68
	Tan 50			12.35		
PC 50				8087.34	km. 08+087.34	Km 08 + 08 + 07.34

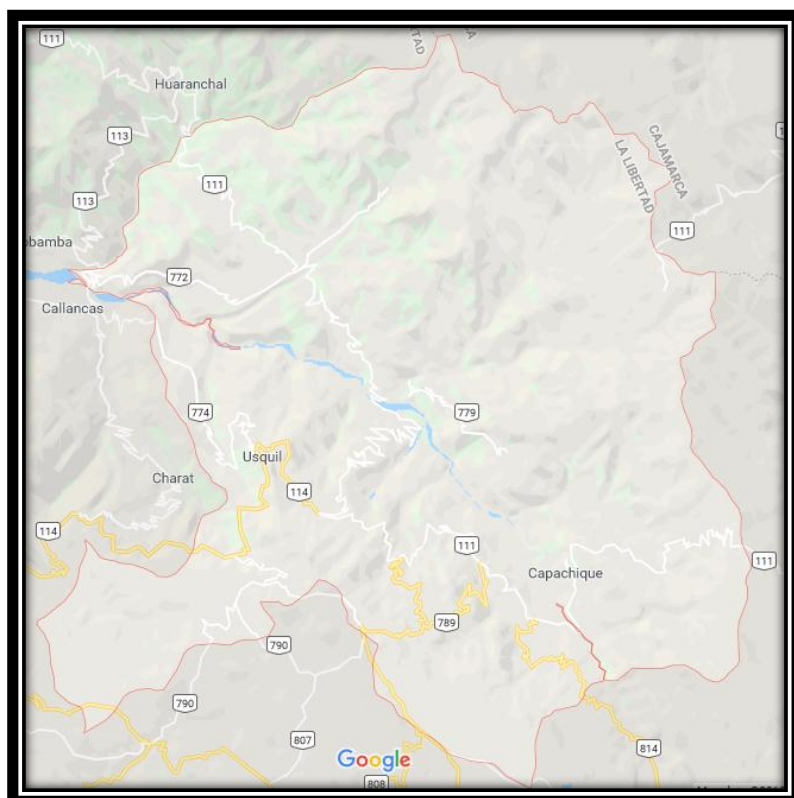
	LC 50			24.57		
PT 50				8111.91	km. 08+111.91	Km 08 + 10 + 11.91
	PI 50	-	PI 51	189.66		
	Tan 50			12.35		
PI 51				8289.22	km. 08+289.22	Km 08 + 28 + 09.22
	Tan 51			49.10		
PC 51				8240.13	km. 08+240.13	Km 08 + 24 + 00.13
	LC 51			80.16		
PT 51				8320.29	km. 08+320.29	Km 08 + 32 + 00.29
	PI 51	-	PI 52	136.49		
	Tan 51			49.10		
PI 52				8407.68	km. 08+407.68	Km 08 + 40 + 07.68
	Tan 52			26.56		
PC 52				8381.12	km. 08+381.12	Km 08 + 38 + 01.12
	LC 52			49.49		
PT 52				8430.61	km. 08+430.61	Km 08 + 42 + 10.61
	PI 52	-	PI 53	214.42		
	Tan 52			26.56		
PI 53				8618.47	km. 08+618.47	Km 08 + 60 + 18.47
	Tan 53			95.66		
PC 53				8522.80	km. 08+522.80	Km 08 + 52 + 02.80
	LC 53			76.01		
PT 53				8598.82	km. 08+598.82	Km 08 + 58 + 18.82
	PI 53	-	PI 54	424.74		
	Tan 53			95.66		
PI 54				8927.89	km. 08+927.89	Km 08 + 92 + 07.89
	Tan 54			262.59		
PC 54				8665.30	km. 08+665.30	Km 08 + 66 + 05.30
	LC 54			87.42		
PT 54				8752.72	km. 08+752.72	Km 08 + 74 + 12.72
	PI 54	-	PI 55	358.19		
	Tan 54			262.59		
PI 55				8848.32	km. 08+848.32	Km 08 + 84 + 08.32
	Tan 55			30.42		
PC 55				8817.90	km. 08+817.90	Km 08 + 80 + 17.90
	LC 55			57.39		
PT 55				8875.29	km. 08+875.29	Km 08 + 86 + 15.29
	PI 55	-	PI 56	110.20		
	Tan 55			30.42		
PI 56				8955.07	km. 08+955.07	Km 08 + 94 + 15.07
	Tan 56			36.62		
PC 56				8918.45	km. 08+918.45	Km 08 + 90 + 18.45
	LC 56			65.75		
PT 56				8984.21	km. 08+984.21	Km 08 + 98 + 04.21

	PI 56	-	PI 57	199.10		
	Tan 56			36.62		
PI 57				9146.69	km. 09+146.69	Km 09 + 14 + 06.69
	Tan 57			79.44		
PC 57				9067.25	km. 09+067.25	Km 09 + 06 + 07.25
	LC 57			80.91		
PT 57				9148.15	km. 09+148.15	Km 09 + 14 + 08.15
	PI 57	-	PI 58	172.79		
	Tan 57			79.44		
PI 58				9241.50	km. 09+241.50	Km 09 + 24 + 01.50
	Tan 58			39.61		
PC 58				9201.90	km. 09+201.90	Km 09 + 20 + 01.90
	LC 58			68.65		
PT 58				9270.55	km. 09+270.55	Km 09 + 26 + 10.55
	PI 58	-	PI 59	135.21		
	Tan 58			39.61		
PI 59				9366.16	km. 09+366.16	Km 09 + 36 + 06.16
	Tan 59			27.30		
PC 59				9338.85	km. 09+338.85	Km 09 + 32 + 18.85
	LC 59			44.30		
PT 59				9383.15	km. 09+383.15	Km 09 + 38 + 03.15
	PI 59	-	PI 60	115.36		
	Tan 59			27.30		
PI 60				9471.21	km. 09+471.21	Km 09 + 46 + 11.21
	Tan 60			10.82		
PC 60				9460.39	km. 09+460.39	Km 09 + 46 + 00.39
	LC 60			21.37		
PT 60				9481.76	km. 09+481.76	Km 09 + 48 + 01.76
	PI 60	-	PI 61	88.46		
	Tan 60			10.82		
B				9559.40	km. 09+559.40	Km 09 + 54 + 19.40

FUENTE

Ing. José Benjamin Torres Tafur

ANEXOS 4 - PANEL FOTOGRÁFICO



DISTRITO USQUIL



CARRETERA



INICIO DE LA CARRETERA



COORDENADAS INICIAL DE LA CARRETERA



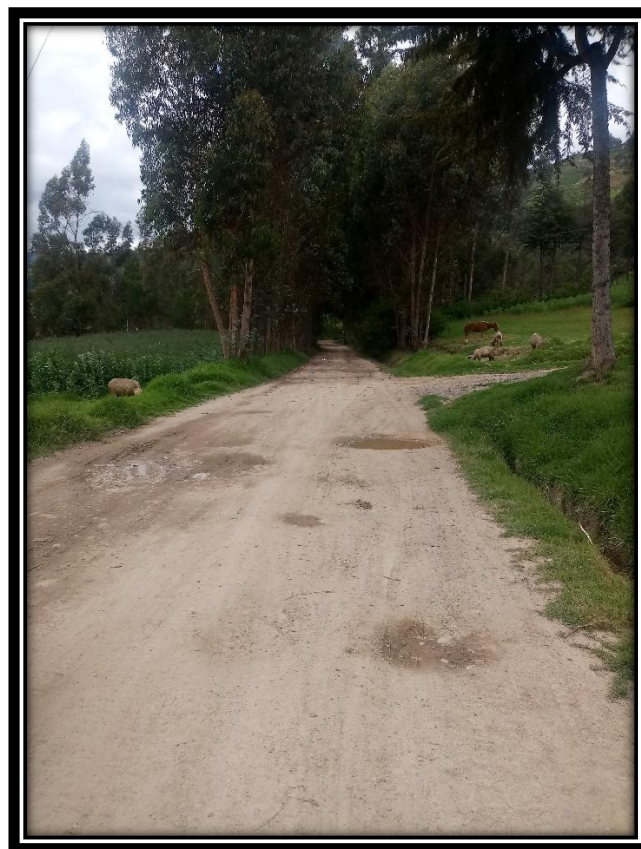
CARRETERA EN MAL ESTADO (lluvias)



CARRETERA EN MAL ESTADO (lluvias)



CARRETERA EN MAL ESTADO (lluvias)



CARRETERA EN MAL ESTADO (lluvias)



CARRETERA EN MAL ESTADO



CARRETERA EN MAL ESTADO



CUNETAS EN MAL ESTADO



CUNETAS EN MAL ESTADO



CURVAS MUY INCLINADAS



CURVAS MUY INCLINADAS



CURVAS MUY INCLINADAS



CURVAS MUY CERRADAS



CURVAS MUY CERRADAS



NO ESTÁ A NIVEL LA CARRETERA



NO ESTÁ A NIVEL LA CARRETERA



MURO DE CONTENCIÓN



DERRUMBE POR LLUVIAS



DERRUMBE POR LLUVIAS



ILUSTRACIÓN 23: DERRUMBE POR LLUVIAS



DERRUMBE POR LLUVIAS



ESTUDIO DE SUELOS (CALICATAS)



ESTUDIO DE SUELOS (CALICATAS)